



Latvijas
Biozinātņu un tehnoloģiju
universitāte

Pētījuma

**ZIZIMM mērķu sasniegšanai nepieciešamo lēmumu
pieņemšanas atbalsta sistēmas izstrāde, optimālā
pasākumu kopuma noteikšana un nepieciešamā
finansējuma prognoze**

projekta atskaite

Līgums Nr. 10.9.1-11/25/1551-e

Projekta vadītājs: Dr.oec. Aleksejs Nipers

2025. gada novembris

Saturs

Ievads	3
1. Lēmumu atbalsta rīku konceptuālais ietvars	4
2. Politikas pasākumi un to ietekmes novērtēšanas pieeja	7
2.1. Politikas pasākumi	7
2.2. Politikas pasākumu ietekmes novērtēšana	9
2.2.1. Ietekme uz neto SEG emisijām	10
2.2.2. Ietekme uz peļņu	11
2.2.3. Ietekme uz nodarbinātību	11
2.2.4. Ietekme uz dzīvotņu kvalitāti	12
2.2.5. Kopsavilkums	12
2.3. Politikas pasākumu īstenošanai piemēroto platību noteikšana	14
3. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka metodoloģiskais algoritms	22
3.1. Pasākumu pievienošanas darbības algoritms	23
3.2. Scenārija ģeotelpiskā vizualizēšana uz kartes	34
3.3. Pasākuma dzēšana	39
4. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka dizains un izmantošanas piemērs	43
4. ZIZIMM mērķu sasniegšanas scenāriju ietekmes novērtējums uz tautsaimniecību	50
4.1. Lauksaimniecībā izmantojamās zemes salīdzinājums	51
4.2. ZIZIMM sektora pasākumu izmaksu efektivitāte	54
4.3. Mežizstrādes apjomu pārskatīšanas ietekme	57
4.3.1. Mežizstrādes prognozes samazināšana	57
4.3.2. Mērķtiecīga mežsaimniecība	59
5. Nākotnes pētījumu virzieni	61
Izmantotā literatūra	62

Ievads

Šī pētījuma vispārējais mērķis ir izstrādāt interaktīvu rīku ZIZIMM sektora SEG emisiju mazināšanas un oglekļa piesaistes pasākumu novērtēšanai un telpiskai atspoguļošanai, ļaujot lietotājiem veidot dažādus scenārijus, izmantojot iepriekš definētos pasākumus, modelēt to ietekmi uz peļņu, nodarbinātību, SEG emisijām un oglekļa piesaisti un dzīvotņu kvalitāti dažādos griezumos, piemēram, novadu un ainavzemju.

Šī pētījuma 2025. gada darba uzdevumi:

1. aktualizēt ZIZIMM pasākumu ietekmes aprēķinos izmantotā LandUP Zemes funkcionālās izmantošanas modeļa versiju;
2. papildināt interaktīvu atspoguļojumu ZIZIMM pasākumu ietekmei uz peļņu mežsaimniecībā un lauksaimniecībā;
3. sagatavot skriptus, izmantojot 2024. gadā izstrādātu pieeju un algoritmus pasākumu interaktīvai atspoguļošanai un ņemot vērā dažādu pasākumu savstarpēji papildinošu vai izslēdzošu ietekmi, kā arī pasākumu īstenošanas mēroga variācijas;
4. izstrādāt lietotni ZIZIMM pasākumu scenāriju ietekmes noteikšanai, izmantojot 2024. gadā izveidotu lietotnes testa versiju;
5. nodrošināt lietotnes darbību internetā ar iespēju tai piekļūt no tīmekļa pārlūka;
6. pēc ZM pieprasījuma veikt ietekmes uz tautsaimniecību novērtējumu par ZIZIMM sektora mērķu sasniegšanas scenārijiem.

Šī pētījuma ietvaros tika veikti arī aprēķini Latvijas Nacionālā enerģētikas un klimata plāna (NEKP) vajadzībām pēc Zemkopības ministrijas pieprasījuma. Aprēķinu mērķis bija sniegt ietekmes uz tautsaimniecību novērtējumu par ZIZIMM sektora mērķu sasniegšanas scenārijiem, tostarp izvērtēt pasākumu izmaksu efektivitāti un mežu ciršanas apjomu pārskatīšanas ietekmi uz SEG emisijām un oglekļa piesaisti. Šie aprēķini kalpo kā ieguldījums NEKP aktualizācijai un sniedz detalizētu priekšstatu par dažādu rīcībpolitiku iespējām nodrošināt ZIZIMM sektora ieguldījumu klimatneitralitātes mērķu sasniegšanā.

Šī atskaite ir turpinājums šī projekta 2023. un 2024. gada atskaitēm.

Pētījuma sagatavošanā ir iesaistīti LBTU pētnieki un studējošie.

Šī atskaite ir daļa no Katerīnas Žeglovas topošā maģistra darba.

Šī atskaite ir daļa no Unas Diānas Veipānes topošā maģistra darba.

1. Lēmumu atbalsta rīku konceptuālais ietvars

Zemes izmantošanai ir būtiska ietekme uz kopējām CO₂ emisijām (Hurt et al., 2020; Amelung et al., 2020). Atkarībā no apsaimniekošanas veida zemes izmantošana var gan izdalīt CO₂ atmosfērā (kā emisiju avots), gan arī uzkrāt to (kā piesaiste). Pētījumi liecina, ka ilgtspējīga zemes apsaimniekošana, tostarp mežu atjaunošana, agro-mežsaimniecības prakses, uzlabota augsnes pārvaldība un mežu izciršanas samazināšana, var ievērojami samazināt emisijas un veicināt pāreju uz oglekļa piesaistes pārsvaru (Bossio et al., 2020; Roe et al., 2021).

Precīza virzība uz klimata mērķu sasniegšanu prasa zemes izmantošanas sektora emisiju integrāciju visaptverošās siltumnīcefekta gāzu (SEG) uzskaites sistēmās, kas uzlabo caurskatāmību un veicina pamatotāku lēmumu pieņemšanu (Pongratz et al., 2021). Tas ir īpaši nozīmīgi starptautisko un reģionālo saistību kontekstā. Piemēram, Parīzes nolīgums nosaka mērķi ierobežot globālo sasilšanu zem 2°C (UN, 2015), savukārt Eiropas Zaļais kurss paredz sasniegt klimatneitralitāti Eiropā līdz 2050. gadam, nosakot saistošus SEG emisiju samazināšanas mērķus (EC, 2019). Nacionālā līmenī katra ES dalībvalsts savu ieguldījumu šo mērķu sasniegšanā definē Nacionālajos enerģētikas un klimata plānos (NEKP), kuros zemes izmantošana, zemes izmantošanas maiņa un mežsaimniecība (ZIZIMM) arvien biežāk tiek atzītas par būtiskiem sektoriem gan emisiju samazināšanai, gan oglekļa piesaistei.

Pieaugot klimata pārmaiņu radītajiem riskiem ekosistēmām, sabiedrības veselībai un sociāli ekonomiskajai stabilitātei, rodas nepieciešamība pēc zemes izmantošanas politikas, kas būtu saskaņota ar minētajiem politikas ietvariem. Efektīvai šo politiku īstenošanai nepieciešamas lēmumu atbalsta sistēmas, kas spēj risināt nozaru specifiskās vajadzības dažādos pārvaldības līmeņos. Tas ir īpaši būtiski lauksaimniecības, mežsaimniecības un teritorijas plānošanas jomās, kur nepieciešama sadarbība starp vairākiem iesaistītajiem dalībniekiem, līdzsvarojot vides un ekonomiskos mērķus (Terribile et al., 2015; Terribile et al., 2017; Terribile et al., 2024; Wenkel et al., 2013; Hammond et al., 2021). Lietotājiem orientētas lēmumu atbalsta sistēmas arvien biežāk tiek uzskatītas par labāko praksi, jo tās uzlabo datu pieejamību lēmumu pieņēmējiem, kuriem var nebūt tehnisko zināšanu, savukārt modulāras arhitektūras pieeja ļauj pielāgot risinājumu dažādiem ekoloģiskajiem un politikas kontekstiem (BLower et al., 2013; Manna et al., 2020; Marano et al., 2019; Xiaoli et al., 2008).

Pēdējos gados ir izstrādāts ievērojams skaits lēmumu atbalsta sistēmu, kas palīdz ilgtspējīgai zemes izmantošanas plānošanai un vides politikas īstenošanai. Nozīmīgākie piemēri ir MapX, LANDSUPPORT, SmartScape un Jaunzēlandes lauksaimniecības lēmumu atbalsta sistēma, kas apvieno ģeotelpiskos datus, scenāriju modelēšanu un interaktīvu vizualizāciju modulārās, bieži vien atvērtā koda arhitektūrās (Terribile et al., 2024; Tarasova et al., 2024; Lacroix et al., 2019; Tayyebi et al., 2016). Neskatoties uz atšķirīgajiem mērķiem un tehniskajiem risinājumiem, šīs sistēmas kopīgi raksturo vairāki principi - datu pārvaldības, apstrādes un vizualizācijas slāņu nodalīšana, kā arī atvērtu ģeotelpisko standartu, piemēram, Web Map Service (WMS), izmantošana, kas uzlabo savietojamību. Plaši izmantotas datubāzes, īpaši PostgreSQL ar PostGIS paplašinājumu, nodrošina pamatu vektordatu pārvaldībai, savukārt tādas platformas kā LANDSUPPORT papildus izmanto tehnoloģijas, piemēram, rasdaman, lai efektīvi apstrādātu lielus rastra datu apjomus. Rīki, piemēram, R Shiny, nodrošina dinamisku informācijas paneli un

statistiskos izvades rīkus, lai gan joprojām pastāv mērogojamības ierobežojumi lielapjoma vai vairāku lietotāju vienlaicīgas darbības gadījumā. Jaunākie risinājumi šo izaicinājumu pārvarēšanai ietver izklaidētās datu apstrādes un augstas veiktspējas arhitektūru izmantošanu, kas uzlabo scenāriju novērtēšanas efektivitāti.

Lai gan šīs sistēmas iezīmē būtisku progresu, joprojām pastāv vairāki ierobežojumi. Daudzas no tām prasa darbietilpīgu datu sagatavošanu, balstās uz kontekstam specifiskiem modeļiem vai saskaras ar ievērojamām aprēķinu problēmām, mēģinot aptvert lielus mērogus. Pieaugošā atkarība no ģeotelpiskajiem datiem rada papildu sarežģītumus, tostarp privātuma aizsardzības jautājumus un nepieciešamību pēc efektīvām telpiskās indeksācijas un datu izgūšanas sistēmām lielu un nevienmērīgu datu kopu pārvaldībai (Wu et al., 2024). Turklāt atšķirības oglekļa piesaistes aprēķinos un vienotu novērtēšanas kritēriju trūkums apgrūtina rezultātu salīdzināmību (Tarasova et al., 2024; Pongratz et al., 2021). Vēl viens būtisks ierobežojums ir mērogu nesaskaņotība starp politikas izvērtēšanas (bieži nacionālo vai ES līmeņa) un lēmumu pieņemšanas (piemēram, saimniecību vai pašvaldību) līmeņiem, kas ierobežo praktisko izmantojamību (van Delden et al., 2011). Pat sistēmām, kas uzlabo veiktspēju un mērogojamību, piemēram, LANDSUPPORT un SmartScape, joprojām ir izaicinājumi saistībā ar nenoteiktības pārvaldību un pieejamību lietotājiem bez padziļinātām tehniskām zināšanām.

Kopumā šie aspekti norāda, ka esošās lēmumu atbalsta sistēmas vēl pilnībā nenodrošina nepieciešamo sasaisti starp zinātniskajiem modelēšanas ietvariem un praktisko politikas ieviešanu. Lēmumu pieņēmējiem bieži vien trūkst iespēju patstāvīgi kombinēt un izvērtēt zemes izmantošanas scenārijus, neiesaistot tehniskos ekspertus sarežģītas datu un modeļu apstrādes veikšanai. Šāda atkarība padara scenāriju izstrādi laikietilpīgu, samazina elastību un kavē savlaicīgu datu analīzes izmantošanu politikas lēmumu pieņemšanā.

Šie izaicinājumi parāda nepieciešamību pēc lēmumu atbalsta sistēmas, kas:

1. integrētu klimata, ekonomiskos un ekoloģiskos aspektus vienotā, caurspīdīgā ietvarā,
2. ļautu veidot un novērtēt scenārijus dažādos pārvaldības līmeņos,
3. nodrošinātu intuitīvu saskarni, kas ļautu politikas veidotājiem tieši salīdzināt dažādas stratēģijas, neizmantojot tehnisko ekspertu palīdzību.

Lai risinātu šos izaicinājumus, šajā pētījumā izstrādāts un prezentēts lēmumu atbalsta rīks, kas pielāgots zemes izmantošanas politikas pasākumu izvērtēšanai, īpaši koncentrējoties uz SEG emisiju samazināšanu ZIZIMM sektorā. Rīks izstrādāts, izmantojot Python programmēšanas vidi un PostgreSQL/PostGIS datubāzes sistēmu. Rīka izstrādes pamatā ir princips, ka pirms politikas pasākumu ieviešanas ir būtiski novērtēt to potenciālo ietekmi, ietverot ne tikai tiešos rezultātus, piemēram, ieguldījumu neto SEG emisiju samazināšanā, bet arī kompromisus starp dažādām politikas dimensijām. Šī pieeja nodrošina daudzpusīgu skatījumu uz lēmumu sekām un palīdz identificēt pasākumu kopumus, kas nodrošina līdzsvaru starp klimata, socio-ekonomiskajiem un vides mērķiem.

Šī pētījuma ietvaros politikas pasākumu ietekme tiek vērtēta četrās dimensijās: klimata (neto SEG emisijas), sociālajā (nodarbinātība), ekonomiskajā (peļņa) un bioloģiskās daudzveidības (biotopu kvalitāte). Šo dimensiju izvēle balstīta to atbilstībā augsta līmeņa politikas mērķiem un līdzsvarā starp vides, sociālajiem un ekonomiskajiem aspektiem, kas

saskan ar ilgtspējīgas attīstības principiem (UN, 2015) un politikas saskaņotības pieeju, ko veicina tādas organizācijas kā OECD (OECD, 2016). Šādu mērķu līdzsvarošana stratēģiskajā plānošanā prasa ex-ante ietekmes novērtējumu un konsekventu pasākumu kopumu, kas pamatots ar empīriskiem datiem.

Lēmumu atbalsta rīkam ir jābūt vienkāršam lietošanā, koncentrējoties uz skaidras un uzticamas informācijas sniegšanu par dažādu pasākumu ietekmi gan atsevišķi, gan kombinācijās, kā arī iespējām tos salīdzināt dažādos novērtējuma kritērijos. Ātra sistēmas reakcija un augsta aprēķinu efektivitāte tiek noteiktas kā būtiski priekšnoteikumi, lai nodrošinātu praktisku lietojamību un politikas plānošanas atbalstu. Praktiski lietotājs var izveidot scenārijus, izvēloties vienu vai vairākus politikas pasākumus, noteikt teritorijas, kurās tie tiek īstenoti, un iegūt rezultātus ne tikai par neto SEG emisiju samazinājuma potenciālu, bet arī par peļņas, nodarbinātības un biotopu kvalitātes izmaiņām.

Rīka izstrādē izmantotā programmēšanas vide un datubāzes sistēma nodrošina nodrošina augstu datu apstrādes efektivitāti un mērogojamību. Rīka arhitektūra integrē SEG emisiju mazināšanas potenciālu, peļņu, nodarbinātības ietekmi un biotopu kvalitāti vienotā, modulārā ietvarā, kas ļauj lietotājiem analizēt kompromisus un sinerģijas starp šīm dimensijām. Tā scenārijos balstītais dizains būtiski vienkāršo un paātrina politikas pasākumu novērtēšanas procesu, vienlaikus risinot iepriekš konstatētās veiktspējas un datu integrācijas problēmas. Nodrošinot iespēju lēmumu pieņēmējiem patstāvīgi veidot, pielāgot un salīdzināt scenārijus bez tehniskās starpniecības, rīks samazina atkarību no ekspertiem, paaugstina efektivitāti un uzlabo pierādījumos balstītas politikas plānošanas savlaicīgumu.

2. Politikas pasākumi un to ietekmes novērtēšanas pieeja

2.1. Politikas pasākumi

Politikas pasākumi, kas analizēti šajā pētījumā, tika definēti politikas plānošanas procesā, izstrādājot Latvijas Nacionālo enerģētikas un klimata plānu (NEKP) 2021.–2030. gadam, un tie apkopoti 1. tabulā. Pasākumi, kas ir iekļauti pētījumā, ir vērsti uz lauksaimniecības un mežsaimniecības zemēm. Dabiskās purvu teritorijas un apdzīvotās vietas netiek iekļautas pētījuma tvērumā, savukārt bijušās kūdras ieguves teritorijas, kas pārveidotas daudzgadīgo kultūru audzēšanai (piemēram, dzērvenes un mellenes), šī pētījuma ietvaros tiek klasificētas kā lauksaimniecības zemes. Pasākumi izstrādāti, lai veicinātu klimata mērķu sasniegšanu, sekmējot ilgtspējīgu zemes izmantošanu un SEG emisiju samazināšanu ZIZIMM sektorā. Tie atspoguļo NEKP noteiktās prioritātes un ir vērsti uz oglekļa piesaistes palielināšanu, vienlaikus samazinot emisijas no augsnēm un zemes apsaimniekošanas darbībām. Katrs pasākums izstrādāts ar dubultu mērķi, ietverot gan klimata, gan ekonomisko ietekmi, veicinot oglekļa uzkrāšanos, samazinot emisijas un uzlabojot mežsaimniecības un lauksaimniecības ražību, vienlaikus nodrošinot zemes piemērotību un rentabilitāti. Pirms ieviešanas pasākumiem ir nepieciešams veikt telpisko un ekonomisko novērtējumu, lai nodrošinātu pasākumu ilgtermiņa efektivitāti.

Lai gan pašreizējais pasākumu kopums atspoguļo NEKP noteiktās prioritātes, to var paplašināt, integrējot papildu pasākumus lēmumu atbalsta rīkā, ja pieejami jauni dati. Esošie pasākumi galvenokārt koncentrējas uz meža produktivitātes paaugstināšanu, meža platību palielināšanu un ilgtspējīgu praksi lauksaimniecības un mežsaimniecības zemēs. Piemēri ietver lauksaimniecības zemju apmežošanu, drenāžas apstākļu uzlabošanu mitrās augsnēs, aramzemju uz organiskajām augsnēm transformēšanu pastāvīgos zālājos, mēslošanas tehnoloģiju pielietošanu meža zemēs, piemēram, koksnes pelnu izmantošanu, kā arī daudzgadīgo kultūru, piemēram, lielogu dzērveņu (*Vaccinium macrocarpon*) un augsto melleņu (*Vaccinium corymbosum*), audzēšanas attīstību bijušajās kūdras ieguves teritorijās. Šie pasākumi veicina Latvijas pāreju uz klimatneitralitāti, uzlabojot oglekļa bilanci un stiprinot ilgtspējīgas zemes apsaimniekošanas praksi.

1. tabula

ZIZIMM sektora pasākumi SEG emisiju mazināšanai un oglekļa piesaistei

Nr.	Pasākuma nosaukums	Mērķis	Īstenošana
MEŽA ZEME			
1	Hidroloģiskā režīma uzlabošana mežos ar pārmitrām minerālaugsnēm	Pasākuma mērķis ir samazināt augsnes mitrumu, lai uzlabotu augšanas apstākļus, nodrošinātu lielāku CO ₂ piesaisti un iegūtu vairāk koksnes.	Piemērotas pieaugušas mežaudzes slapjajos, kur pārliets mitrums periodiski vai pastāvīgi ierobežo koku augšanu.
2	Hidroloģiskā režīma uzlabošana mežos ar pārmitrām organiskām augsnēm	Pasākuma mērķis ir samazināt augsnes mitrumu, lai uzlabotu augšanas apstākļus, nodrošinātu lielāku CO ₂	Piemērotas pieaugušas mežaudzes purvainos, kur pārliets mitrums periodiski vai pastāvīgi ierobežo koku augšanu.

Nr.	Pasākuma nosaukums	Mērķis	Īstenošana
		piesaisti un iegūtu vairāk koksnes.	
3	Koksnes pelnu izmantošana meža mēslošanai	Pasākuma mērķis ir veicināt koksnes papildpieaugumu un CO ₂ piesaisti, uzlabojot augsnes auglību ar koksnes pelniem.	Koksnes pelnus ir ieteicams izmantot II-V bonitātes kūdreņos, kur valdošā suga ir priele, egles un bērzs.
4	Meža mēslošana ar slāpekļa minerālmēslojumu	Pasākuma mērķis ir veicināt koksnes papildpieaugumu un CO ₂ piesaisti, uzlabojot augsnes auglību ar slāpekļa minerālmēslojumu.	Minerālmēslojumu ir ieteicams izmantot II-V bonitātes sausieņos un āreņos, kur valdošā suga ir priele, egles un bērzs.
5	Mazvērtīgu lapu koku audžu nomaigā	Atjaunot mežaudzi ar kvalitatīvu, vietējiem apstākļiem atbilstošu stādmateriālu un veicināt CO ₂ piesaisti, īstenojot ilgtspējīgu meža apsaimniekošanas praksi.	Piemērotas mazāk vērtīgu lapu koku sugas, bērza, melnalkšņa, apses, baltalkšņa, gobas, vīksnas, papeles, vītola, blīgznašas ievas audzes.
6	Kopšanas cirte, lai uzlabotu sugu sastāvu, palielinātu augšanas ātrumu un saīsinātu aprites ciklu	Uzlabot mežaudzes sastāvu, lai samazinātu dabisko traucējumu risku un veicinātu CO ₂ piesaisti.	Piemērotas jaunaudzis sausieņos, slapjajos, āreņos un kūdreņos, kur nav veikta jaunaudžu kopšana.
7	Dabisko traucējumu bojātu mežaudžu mērķtiecīga atjaunošana	Atjaunot dabisko traucējumu bojātas audzes, lai palielinātu CO ₂ piesaisti.	Piemērotas dabisko traucējumu bojātas audzes sausieņos, slapjajos, āreņos un kūdreņos, kur veikta sanitārā cirte.
8	Meža atjaunošana, izmantojot komerciāli vērtīgas sugas un varietātes ar augstāku potenciālu CO ₂ piesaistei	Samazināt dabisko traucējumu risku, lai palielinātu meža vērtību un CO ₂ piesaisti.	Piemērotas mežaudzes sausieņos, slapjajos, āreņos un kūdreņos, kur veikta galvenā cirte ar kailcirtes metodi
LAUKSAIMNIECĪBAS ZEME			
9	Meža ieaudzēšana lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ar organiskām augsnēm	Palielināt kokmateriālu un biokurināmā ražošanu, samazināt SEG emisijas no augsnes un veicināt CO ₂ piesaisti.	Piemērotas lauksaimniecībā izmantojamās zemes, kur organiskās vielas saturs augsnē ir vismaz 12%.
10	Meža ieaudzēšana mazāk vērtīgās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ar minerālaugsnēm	Palielināt kokmateriālu un biokurināmā ražošanu, samazināt SEG emisijas no augsnes un veicināt CO ₂ piesaisti.	Piemērotas lauksaimniecībā izmantojamās zemes, kur organiskās vielas saturs augsnē ir mazāks par 12% un zemes kvalitatīvā vērtība nepārsniedz 35 balles.
11	Vienlaidus ātraudzīgu kokaugu stādījumi lauksaimniecībā izmantojamās zemēs (alternatīva apmežošanai ar vietējām koku sugām)	Ražot kokmateriālus un biokurināmo mazāk vērtīgās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs, lai veicinātu CO ₂ piesaisti.	Piemērotas lauksaimniecībā izmantojamās zemes uz minerālaugsnēm, kur zemes kvalitatīvā vērtība nepārsniedz 30 balles.
12	Par 0,1 ha mazāku koku grupu ierīkošana ganībās	Uzlabot ganības un ražot kokmateriālus un biokurināmo, lai veicinātu CO ₂ piesaisti.	Piemēroti reljefa pazeminājumi ganībās ar minerālaugsni vai organisko augsni, kur regulāri

Nr.	Pasākuma nosaukums	Mērķis	Īstenošana
			uzturas dzīvnieki, kam ir nepieciešams aizvējš un ēna.
13	Dabiskas, pārslapinātas meža ekosistēmas atjaunošana organiskās augsnes lauksaimniecībā izmantojamās zemēs	Palielināt kokmateriālu un biokurināmā ražošanu un veicināt CO ₂ piesaisti.	Piemērotas lauksaimniecībā izmantojamās zemes, kur organiskās vielas saturs augsnē ir vismaz 12% un kur nav iespējama meliorācijas sistēmu atjaunošana vai uzturēšana.
14	Organisku augšņu aramzemēs transformācija par kultivējamiem ilggadīgiem zālājiem	Ražot sienu lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ar organisko augsni, lai samazinātu SEG emisijas no augsnes un palielinātu CO ₂ piesaisti zemsedzes augu biomasā.	Piemērotas lauksaimniecībā izmantojamās zemes ar organisko augsni, kur nav iespējama meža ieaudzēšana.
15	Lielogu dzērveņu plantāciju ierīkošana bijušajās kūdras ieguves vietās	Lielogu dzērveņu audzēšana rekultivējamās kūdras laukos, lai samazinātu SEG emisijas no augsnes.	Piemēroti izstrādāti kūdras lauki ar vismaz 0.5 m biezu augstā purva kūdras slāni, funkcionējošu meliorācijas sistēmu un ceļu infrastruktūru.
16	Augsto zīleņu plantāciju ierīkošana bijušajās kūdras ieguves vietās	Augsto zīleņu audzēšana rekultivējamās kūdras laukos, lai samazinātu SEG emisijas no augsnes un veicinātu CO ₂ piesaisti augu biomasā.	Piemēroti izstrādāti kūdras lauki ar vismaz 0.5 m biezu augstā purva kūdras slāni, funkcionējošu meliorācijas sistēmu un ceļu infrastruktūru.
17	Kokaugu joslu stādījumi gar meliorācijas sistēmām un ceļu nodalošajām joslām	Dažādot saimniecības ieņēmumus un veicināt CO ₂ piesaisti, mazinot dabisko traucējumu riskus un ražojot kokmateriālus un biokurināmo.	Piemērotas lauksaimniecībā izmantojamās zemes, kas robežojas ar meliorācijas grāvjiem, kur ir pietiekoši liela platība joslas stādījuma ierīkošanai.

2.2. Politikas pasākumu ietekmes novērtēšana

Lai novērtētu dažādus politikas scenārijus, kas ietver dažādas ZIZIMM pasākumu kombinācijas un platības, kur tos var īstenot, vispirms ir nepieciešams novērtēt katra pasākuma ietekmi atsevišķi uz katru hektāru, kur šo pasākumu potenciāli varētu īstenot. Šajā pētījumā katra pasākuma ietekme tiek analizēta četrās galvenajās politikas dimensijās:

1. klimata (izmaiņas neto SEG emisijās uz hektāru);
2. ekonomiskajā (izmaiņas peļņā uz hektāru);
3. sociālajā (izmaiņas darbaspēka patēriņā uz hektāru);
4. biodaudzveidības (izmaiņas dzīvotņu kvalitātes punktos uz hektāru).

Galvenie datu avoti ietekmes novērtēšanai, kas tiek izmantoti ZIZIMM lēmumu atbalsta rīkā, ir telpiskie dati par lauksaimniecības zemi un meža zemi un 2023. gadā īstenotā projekta “ZIZIMM mērķu sasniegšanai nepieciešamo lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēmas izstrāde, optimālā pasākumu kopuma noteikšana un nepieciešamā finansējuma prognoze” rezultāti par ZIZIMM pasākumu īstenošanas ietekmi uz peļņu, nodarbinātību,

neto SEG emisijām un dzīvotņu kvalitāti. Telpiskā informācija nepārklājas un ir ar visaugstāko iespējamo izšķirtspēju. Datu struktūra tika pielāgota ZIZIMM lēmuma atbalsta rīka vajadzībām, nodrošinot, ka katra datu vienība (lauka vai nogabala līmenī) satur nepieciešamo informāciju.

Lauksaimniecības telpiskie dati ir iegūti no lauku bloku datubāzes, nodrošinot informāciju lauku līmenī par:

1. lauka platību hektāros;
2. kultūraugu - kultūrauga nosaukums atbilstoši LAD klasifikācijai;
3. kultūraugu grupu – visi kultūraugi ir sadalīti deviņās grupās – GEP (graudaugi, eļļaugi, pākšaugi), ilggadīgie zālāji, zālāji aramzemē, dārzeni, kartupeļi, ilggadīgie kultūraugi, enerģijas kultūraugi, citi kultūraugi, papuve;
4. atbalsta maksājumiem - atbalsta maksājuma veids, kas ir saņemts par konkrēto lauku;
5. administratīvo teritoriju un teritoriālā iedalījuma vienību klasifikatoru (ATVK) – ATVK kods, kur atrodas lauks;
6. saimnieciskās darbības ierobežojumiem – identifikators, vai konkrētais lauks atrodas īpaši aizsargājamā teritorijā un uz to attiecas saimnieciskās darbības ierobežojumi, kas saistīti ar zemes lietojuma veida maiņu.

Meža zemes telpiskie dati ir iegūti no Valsts meža dienesta meža reģistra datu bāzes:

1. meža nogabala platība hektāros;
2. valdošā koku suga;
3. valdošās koku sugas vecums, augstums, diametrs;
4. meža tips;
5. bonitāte;
6. krāja;
7. mežaudzes vecums;
8. saimnieciskās darbības ierobežojumi.

ZIZIMM pasākumu īstenošanas ietekme uz peļņu, nodarbinātību, SEG neto samazināšanas potenciālu un biodaudzveidības potenciālu 2023. gadā tika noteikta projekta “ZIZIMM mērķu sasniegšanai nepieciešamo lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēmas izstrāde, optimālā pasākumu kopuma noteikšana un nepieciešamā finansējuma prognoze” ietvaros. Tālāk ZIZIMM pasākumu ietekme galvenajās politikas dimensijās tiek integrēta ZIZIMM lēmumu atbalsta rīkā.

Papildus ZIZIMM pasākumu lēmumu atbalsta rīka datu bāzē tiek integrēta sekojoša informācija:

1. augšņu informācija no vēsturiskās augsnes karte;
2. zemes kvalitatīvais vērtējums no vēsturiskās zemes kvalitatīvās vērtības kartes;
3. saimnieciskās darbības ierobežojumi no dabas datu pārvaldības sistēmas “Ozols”;
4. ainavzemes no Latvijas digitālā ainavu atlanta;
5. LIFE ORgBalt projekta ietvaros sagatavotā telpiskā informācija par izstrādātajiem kūdras ieguves laukiem un buferjoslām lauksaimniecībā izmantojamā zemē.

2.2.1. Ietekme uz neto SEG emisijām

Pasākumu ietekmes novērtēšana uz neto SEG emisijām ir balstīta uz starpību starp SEG emisijām un oglekļa piesaisti pirms un pēc konkrētā pasākuma īstenošanas. SEG emisiju aprēķini pirms pasākuma īstenošanas lauksaimniecības sektorā, un SEG emisijas un CO₂ piesaistes aprēķini mežsaimniecības sektorā ir veikti pēc Valsts pētījumu programmas projekta "Ilgtspējīga zemes resursu un ainavu pārvaldība: izaicinājumu novērtējums, metodoloģiskie risinājumi un priekšlikumi" ietvaros izstrādātās SEG emisiju aprēķinu metodikas (LandLat4Pol, 2022). Savukārt, SEG emisiju un oglekļa piesaistes aprēķini pēc pasākuma īstenošanas ir veikti, ievērojot IPCC vadlīnijās noteiktās metodikas un izmantojot Latvijas Valsts mežzinātnes institūta "Silava" īstenotās nacionālās meža inventarizācijas ietvaros iegūtos datus. Šī inventarizācija nodrošina detalizētu informāciju par valsts meža resursiem, to platību dinamiku, dzīvo un nedzīvo koksnes resursu apjomiem, kā arī meža ekosistēmu stāvokli.

2.2.2. Ietekme uz peļņu

Kad izmaiņas lauksaimniecības sektora ietvaros

Ietekme uz peļņu lauksaimniecības zemēs (kad netiek veikta lauksaimniecības zemju transformācija par meža zemēm) tiek noteikta, aprēķinot bruto seguma starpību uz hektāru pirms un pēc pasākuma īstenošanas. Tā kā bruto segums ir peļņa pirms fiksētajām izmaksām, šajā gadījumā tiek pieņemts, ka fiksētās izmaksas (ko pamatā veido zemes noma un administratīvās izmaksas) paliek nemainīgas.

Bruto segums tiek noteikts kā vidējā raža reizināta ar fiksētu vidējo produkcijas cenu, no kuras atskaitītas mainīgās ražošanas izmaksas. Lai mazinātu nenoteiktību, kas saistīta ar nākotnes cenu svārstībām, tiek piemērotas fiksētas 2023.–2024. gada vidējās cenas.

Kad lauksaimniecības zeme tiek konvertēta par meža zemi

Tomēr lielākajā daļā gadījumu pasākumi paredz lauksaimniecības zemju transformāciju par meža zemēm. Šādos gadījumos tiek aprēķināta starpība starp sagaidāmo peļņu lauksaimniecībā (pašreizējā izmantošana) un sagaidāmo peļņu mežsaimniecībā (izmantošana pēc pasākuma realizācijas). Šādos gadījumos peļņa lauksaimniecībā tiek noteikta kā bruto segums. Peļņa mežsaimniecībā tiek novērtēta pilna meža aprites cikla ietvaros, aprēķinot izmaiņas vidējā koksnes apjomā pa sugām pirms un pēc konkrētā pasākuma īstenošanas un reizinot tās ar vidējo peļņas normu uz vienu kubikmetru koksnes. Lai mazinātu nenoteiktību, kas saistīta ar iespējamo nākotnes koksnes cenu un inflācijas izmaiņām, aprēķinos tiek izmantotas fiksētas vidējās cenas par 2023.–2024. gadu.

2.2.3. Ietekme uz nodarbinātību

Ietekme uz nodarbinātību tiek vērtēta kā vidējais darbaspēka patēriņš uz hektāru, izteikts darba stundās, katram zemes izmantošanas vai apsaimniekošanas veidam, kas definēts politikas pasākumos. Lai nodrošinātu aprēķinu ticamību, izmantoti vietējie lauksaimniecības dati un grāmatvedības pārskati par saimniecību ražošanas izmaksām, kas atspoguļo faktisko darbaspēka patēriņu tipiskās apsaimniekošanas praksēs. Šajā pētījumā nodarbinātības dimensija raksturo darba stundu skaitu, kas nepieciešams uz vienu hektāru

katrā politikas pasākumā noteiktajā apsaimniekošanas režīmā, tādējādi ļaujot salīdzināt, kā dažādas zemes izmantošanas un pārvaldības izmaiņas var palielināt vai samazināt kopējo darbaspēka pieprasījumu (Veipane et al., 2025).

2.2.4. Ietekme uz dzīvotņu kvalitāti

ZIZIMM pasākumu ietekme uz bioloģisko daudzveidību tiek novērtēta, izmantojot dzīvotņu kvalitāti kā indikatoru, kas raksturo spēju uzturēt bioloģisko daudzveidību un saglabāt dabisko dzīvotņu struktūru un funkcijas. Lauksaimniecības teritorijās šis rādītājs balstās uz pieņēmumu, ka biotopu kvalitāti nosaka gan zemes izmantošanas veids, gan tās izmantošanas intensitāte (Reidsma et al., 2006). Mežos dzīvotņu kvalitāti būtiski ietekmē mežaudzes vecums un dominējošā koku suga. Vecākas mežaudzes un tās, kurās dominē sugas ar augstu strukturālo sarežģītību, parasti nodrošina lielāku bioloģisko daudzveidību un rada specializētākus biotopus (Handegard et al., 2024; Chorshanbiyev et al., 2024). Pamatojoties uz biotopu kvalitātes rādītājiem, tiek noteikta katra ZIZIMM pasākuma ietekme uz dzīvotņu kvalitātes izmaiņām (Bilande et al., 2025).

2.2.5. Kopsavilkums

Šajā pētījumā netiek veikti jauni ZIZIMM pasākumu ietekmes aprēķini. Tā vietā tiek izmantoti kvantitatīvi ietekmes rādītāji, kas iegūti 2023. gadā projektā “ZIZIMM mērķu sasniegšanai nepieciešamo lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēmas izstrāde, optimālā pasākumu kopuma noteikšana un nepieciešamā finansējuma prognoze” un laikā no 2019. līdz 2023. gadam īstenotajā projektā “Klimata pārmaiņu samazināšanas iespēju demonstrēšana auglīgās organiskajās augsnēs Baltijas valstīs un Somijā (LIFE OrgBalt)”.

Abi projekti novērtēja politikas pasākumu kopumu, kas vērsts uz ilgtspējīgas zemes izmantošanas veicināšanu un SEG emisiju samazināšanu ZIZIMM sektorā saskaņā ar Latvijas Nacionālo enerģētikas un klimata plānu (NEKP). Projektu ietvaros tika aprēķināta pasākumu ietekme uz peļņu, nodarbinātību, neto SEG emisijām un biotopu kvalitāti. Šie kvantitatīvie rādītāji ir tieši integrēti šajā pētījumā izstrādātajā lēmumu atbalsta rīkā, kalpojot par pamatu scenāriju veidošanai un to ietekmju izvērtēšanai. Pētījumā izmantoto ietekmes rādītāju kopsavilkums ir sniegts 2. tabulā.

2. tabula

ZIZIMM pasākumu ietekme

Nr.	Pasākuma nosaukums	SEG neto samazināšanas potenciāls, t CO ₂ ekv. ha ⁻¹	Ietekme uz peļņu, EUR ha ⁻¹	Ietekme uz nodarbinātību, stundas ha ⁻¹	Ietekme uz dzīvotņu kvalitāti, punkti ha ⁻¹
MEŽA ZEME					
1	Hidroloģiskā režīma uzlabošana mežos ar pārmitrām minerālaugsnēm	-7.70	327	0.000277	0.0100
2	Hidroloģiskā režīma uzlabošana mežos ar	-7.90	283	0.000370	0.0100

Nr.	Pasākuma nosaukums	SEG neto samazināšanas potenciāls, t CO ₂ ekv. ha ⁻¹	Ietekme uz peļņu, EUR ha ⁻¹	Ietekme uz nodarbinātību, stundas ha ⁻¹	Ietekme uz dzīvotņu kvalitāti, punkti ha ⁻¹
	pārmitrām organiskām augsnēm				
3	Koksnes pelnu izmantošana meža mēslošanai	-1.00	62	0.000031	0.0100
4	Meža mēslošana ar slāpekļa minerālmēslojumu	-1.33	37	0.000034	0.0100
5	Mazvērtīgo lapu koku audžu nomaiņa	-6.90	322	0.000986	-0.0200
6	Kopšanas cirte, lai uzlabotu sugu sastāvu, palielinātu augšanas ātrumu un saīsinātu aprites ciklu	-1.00	-8	0.000277	0.0100
7	Dabisko traucējumu bojātu mežaudžu mērķtiecīga atjaunošana	-3.90	27	0.000985	0.0300
8	Meža atjaunošana, izmantojot komerciāli vērtīgas sugas un varietātes ar augstāku potenciālu CO ₂ piesaistei	-5.90	183	0.000994	0.0200
LAUKSAIMNIECĪBAS ZEME					
9	Meža ieaudzēšana lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ar organiskām augsnēm	-12.19	264	-0.006030	-0.0013
10	Meža ieaudzēšana mazāk vērtīgās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ar minerālaugsnēm	-11.00	391	-0.012981	0.0024
11	Vienlaidus ātraudzīgu kokaugu stādījumi lauksaimniecībā izmantojamās zemēs (alternatīva apmežošanai ar vietējām koku sugām)	-12.00	581	-0.012981	-0.0076
12	Par 0,1 ha mazāku koku grupu ierīkošana ganībās	-4.98	-28	-0.007694	-0.0051

Nr.	Pasākuma nosaukums	SEG neto samazināšanas potenciāls, t CO ₂ ekv. ha ⁻¹	Ietekme uz peļņu, EUR ha ⁻¹	Ietekme uz nodarbinātību, stundas ha ⁻¹	Ietekme uz dzīvotņu kvalitāti, punkti ha ⁻¹
13	Dabiskas, pārslapinātas meža ekosistēmas atjaunošana organiskās augsnes lauksaimniecībā izmantojamās zemēs	-5.00	88	-0.005584	0.0006
14	Organisku augšņu aramzemēs transformācija par kultivējamiem ilggadīgiem zālājiem	-1.21	-72	-0.007348	0.0260
15	Lielogu dzērveņu plantāciju ierīkošana bijušajās kūdras ieguves vietās	-0.80	2775	0.002022	0.0100
16	Augsto zīleņu plantāciju ierīkošana bijušajās kūdras ieguves vietās	-0.90	17	0.003033	0.0100
17	Kokaugu joslu stādījumi gar meliorācijas sistēmām un ceļu nodalošajām joslām	-14.60	565	0.001396	0.0300

2.3. Politikas pasākumu īstenošanai piemēroto platību noteikšana

Lai nodrošinātu ZIZIMM pasākumu ietekmes ticamu novērtējumu, būtiski ir precīzi noteikt teritorijas, kurās katru no pasākumiem iespējams īstenot. Pasākumu piemērojamība tiek definēta, izmantojot telpiskos kritērijus, kas atspoguļo gan vides un augsnes īpašības, gan saimnieciskās darbības ierobežojumus un zemes lietojuma veidu. Šie kritēriji ļauj automatizēti atlasīt piemērotās teritorijas no izveidotās datu bāzes.

Pasākumu piemērojamības kritēriju izstrāde balstīta uz Nacionālā enerģētikas un klimata plānu (NEKP) 2021.-2030. gadam, mežsaimniecības un lauksaimniecības praksēm, kā arī uz 2023. gada projekta "ZIZIMM mērķu sasniegšanai nepieciešamo lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēmas izstrāde" un LIFE OrgBalt rezultātiem. Kritēriju piemērošana nodrošina, ka scenāriju aprēķinos tiek iekļautas tikai tās platības, kurās pasākumu īstenošana ir tehniski un ekoloģiski pamatota.

Katram politikas pasākumam ir izstrādāts atlasē algoritms, kas nosaka, kādos apstākļos tas ir īstenojams. Kritēriji ietver meža tipoloģiskās vienības (piemēram, sausieņi, kūdreņi, slapjaini), bonitātes klases, mežaudzes koku sugu sastāvu, mežaudzes vecuma grupas, kā arī noteiktus saimnieciskās darbības ierobežojumus.

Izmantojot šos kritērijus, katrs meža nogabals tiek automātiski klasificēts kā piemērots vai nepiemērots konkrētajam pasākumam. Šī informācija tiek saglabāta ZIZIMM lēmumu

atbalsta rīka datubāzē kolonnā “pasākums”, kur katram meža nogabalam ir norādīts viens vai vairāki potenciāli īstenojamo pasākumu numuri. Lietotne izmanto šo kolonu kā atlases pamatu: lietotājam izvēloties konkrētu pasākumu, programma saņem tā kodu un automātiski atlasa atbilstošās teritorijas pēc šī koda. Šāda pieeja ļauj nodrošināt ātru un precīzu piemērojamo platību filtrēšanu un vizualizāciju rīka ietvaros, kā arī aprēķināt scenārija kopējo platību dažādos administratīvajos un ainaviskajos līmeņos.

Detalizēts mežsaimniecības pasākumu piemērošanas kritēriju un potenciālo platību kopsavilkums ir sniegts 3. tabulā.

3. tabula

Mežsaimniecības pasākumu platību atlases kritēriju kopsavilkums

Nr.	Nosaukums	Kritērijs, kur pasākums īstenojams	Kritērija atlase VMD datu bāzē	Potenciālā platība scenārija īstenošanai
1	Hidroloģiskā režīma uzlabošana mežos ar pārmitrām minerālaugsnēm	Slapjaini, izņemot grīni	MT=8,9,10,11	145 658 ha
		Nav piemērotas I un augstākas vai V vai zemākas bonitātes audzes	BON = 2,3,4	
		Dabas aizsardzības prasības ierobežo meliorācijas sistēmu izbūvi, ir atļauta galvenā cirte ar kailcirtes metodi	APROB = 5, 6	
2	Hidroloģiskā režīma uzlabošana mežos ar pārmitrām organiskām augsnēm	Purvaini, izņemot purvājus	MT = 14,15,16	142 295 ha
		Nav piemērotas I un augstākas vai V vai zemākas bonitātes audzes	BON = 2,3,4	
		Dabas aizsardzības prasības ierobežo meliorācijas sistēmu izbūvi, ir atļauta galvenā cirte ar kailcirtes metodi	APROB = 5, 6	

Nr.	Nosaukums	Kritērijs, kur pasākums īstenojams	Kritērija atlase VMD datu bāzē	Potenciālā platība scenārija īstenošanai
3	Koksnes pelnu izmantošana meža mēslošanai	Kūdreņi	MT = 22,23,24,25	142 409 ha
		II-V bonitāte	BON = 2,3,4,5	
		Priede, egle, bērzs	S10 = 1,3,4	
		Nav ierobežojumu saimnieciskajai darbībai, pieļaujami tikai sezonāli ierobežojumi	APROB = 5,6	
4	Meža mēslošana ar slāpekļa minerālmēslojumu	Sausieņi un āreņi	MT = 1,2,3,4,5,6,17,18,19,21	389 943 ha
		II-V bonitāte	BON = 2,3,4,5	
		Priede, egle, bērzs	S10 = 1,3,4	
		Nav ierobežojumu saimnieciskajai darbībai, pieļaujami tikai sezonāli ierobežojumi	APROB = 5,6	
5	Mazvērtīgo lapu koku audžu nomaiņa			47 219 ha
	a.	Āreņi, kūdreņi, sausieņi, slapjaini, izņemot gārša	MT = 1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,17,18,19,21,22,23,24,25	12 934 ha
		Sasniegts galvenās cirtes vecums	VGR = 4	
		Mazāk vērtīgas lapu koku audzes un apmežojušās lauksaimniecībā izmantojamās zemes	S10 = 4,6,8,9,16,19,20,21,35	
		III-V bonitāte	BON = 3,4,5	

Nr.	Nosaukums	Kritērijs, kur pasākums īstenojams	Kritērija atlase VMD datu bāzē	Potenciālā platība scenārija īstenošanai
		Nav aizliegta galvenā vai kopšanas cirte, pieļaujami sezonālie ierobežojumi	APROB = 5,6	
	b.	Dabiski atjaunojusies audze	IZC = 1	18 690 ha
		Koku augstums 2-6 m	H10 = 2-6 m	
		Mērķa sugas koku skaits mazāks nekā 1000 P (silā, mētrājā, lānā, grīnī, slapjajā mētrājā, viršu ārenī, viršu kūdrenī, mētru ārenī un mētru kūdrenī); mazāks nekā 500 ozols, osis, vīksna, goba kļava, dižskābardis vai skābardis, mazāk nekā 800 citām koku sugām. Mērķa suga – valdošā suga	Ja S10=1 un MT=1 vai 2,3,7,8,17,22,18,23 un N10 < 1000. Ja S10 = 10 vai 11,16,24,17,18 un N10 < 500. Ja S10=pārējās un N10<800.	
		Āreņi, kūdreni, sausieņi, slapjaini, izņemot gārša	MT = 1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,17,18,19,21,22,23,24,25	
		Nav ierobežojumu saimnieciskajai darbībai, pieļaujami tikai sezonāli ierobežojumi	APROB = 5,6	
	e.	Āreņi, kūdreni, sausieņi, slapjaini, izņemot gārša	MT = 1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,17,18,19,21,22,23,24,25	15 594 ha

Nr.	Nosaukums	Kritērijs, kur pasākums īstenojams	Kritērija atlase VMD datu bāzē	Potenciālā platība scenārija īstenošanai
		Nav sasniegts galvenās cirtes vecums vai caurmērs	VGR < 4	
		Šķērslaukums mazāks par kritisko	G10 < Gkrit. no 1. pielikuma MK 2012. gada 18. decembra noteikumiem Nr. 935 https://likumi.lv/ta/id/253760	
		Nav ierobežojumu saimnieciskajai darbībai, pieļaujami tikai sezonāli ierobežojumi	APROB = 5,6	
6	Kopšanas cirte, lai uzlabotu sugu sastāvu, palielinātu augšanas ātrumu un saīsinātu aprites ciklu	Āreņi, kūdreņi, sausieņi, slapjaini, izņemot gārša	MT = 1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,17,18,19,21,22,23,24,25	167 478 ha
		Jaunaudzes	VGR = 1	
		Vidējais koka augstums mazāks vai vienāds ar 12 m	H10 ≤ 12	
		Nav aizliegta kopšanas un galvenā cirte	APROB = 5,6	
		Nav veikta jaunaudžu kopšanas cirte	P_DARBV ≠ 6 P_CIRP ≠ 21	
		Mazāk vērtīgas lapu koku audzes	S10 = 4,6,8,9,16,19,20,21,35	
7	Dabisko traucējumu bojātu mežaudžu mērķtiecīga atjaunošana	Ir veikta sanitārā vienlaidus cirte	P_CIRP = 30,31	11 789 ha

Nr.	Nosaukums	Kritērijs, kur pasākums īstenojams	Kritērija atlase VMD datu bāzē	Potenciālā platība scenārija īstenošanai
		Nav saimnieciskās darbības ierobežojumu, pieļaujami sezonālie ierobežojumi	APROB = 5,6	
		Nav veikta meža atjaunošana, nav norādīta koku suga pie valdošās sugas	S10 = 0	
8	Meža atjaunošana, izmantojot komerciāli vērtīgas sugas un varietātes ar augstāku potenciālu CO ₂ piesaistei	Āreņi, kūdreņi, sausieņi, slapjaini, izņemot gārša	MT = 1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,17,18,19,21,22,23,24,25	104 304 ha
		Ir veikta mežizstrāde, galvenā cirte ar kailcirtes metodi	P_DARBV = 1; P_CIRP = 11,13	
		Nav aizliegta galvenā vai kopšanas cirte, pieļaujami sezonālie ierobežojumi	APROB = 5,6	

Lauksaimniecības zemēs īstenojamo pasākumu platību atlases kritēriju sistēma ietver pazīmi par organisko augsni, zemes kvalitatīvo vērtību ballēs un teritorijas izmantošanas veidu. Kritēriji ir pielāgoti dažādu pasākumu specifikai, piemēram, apmežošanas pasākumi tiek piemēroti lauksaimniecībā izmantojamām zemēm ar zemu kvalitatīvo vērtību, savukārt daudzgadīgo kultūru audzēšanai (piemēram, lielogu dzērveņu un augsto zīleņu plantācijām) tiek noteikti specifiski nosacījumi, kas saistīti ar kūdras slāņa biezumu un teritorijas rekultivācijas potenciālu. Šāda pieeja nodrošina, ka pasākumi tiek īstenoti ekoloģiski piemērotākajās un ilgtspējīgāk apsaimniekojamās teritorijās, vienlaikus optimizējot to ietekmi uz SEG emisijām, oglekļa piesaisti un socioekonomiskajiem rādītājiem (skat. 4.tab.).

4. tabula

Lauksaimniecības pasākumu platību atlases kritēriju kopsavilkums

Nr.	Nosaukums	Kritērijs, kur pasākums īstenojams	Kritērija atlase LAD datu bāzē vai no augšņu kartēm	Potenciālā platība scenārija īstenošanai
1	Meža ieaudzēšana lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ar organiskām augsnēm	Lauksaimniecībā izmantojama zeme, kur organiskās vielas saturs augsnē ir vismaz 12%	Lauki, kur ir hidromorfās augsnes no vēsturiskās augšņu kartes	113 748 ha
2	Meža ieaudzēšana mazāk vērtīgās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ar minerālaugsnēm	Lauksaimniecībā izmantojama zeme, kur organiskās vielas saturs augsnē ir mazāks par 12% un zemes kvalitatīvā vērtība nepārsniedz 30 balles	Lauki, kur ir minerālaugsnes pēc vēsturiskās augšņu kartes un zemes balles < 30	181 027 ha
3	Vienlaidus ātraudzīgu kokaugu stādījumi lauksaimniecībā izmantojamās zemēs (alternatīva apmežošanai ar vietējām koku sugām)	Lauksaimniecībā izmantojamās zemes uz minerālaugsnēm, kur zemes kvalitatīvā vērtība nepārsniedz 30 balles	Lauki, kur ir minerālaugsnes pēc vēsturiskās augšņu kartes un zemes balles < 30	181 027 ha
4	Par 0,1 ha mazāku koku grupu ierīkošana ganībās	Reljefa pazeminājumi ganībās ar minerālaugsni vai organisko augsni, kur regulāri uzturas dzīvnieki, kam ir nepieciešams aizvējš un ēna	Lauki, kur ir minerālaugsnes pēc vēsturiskās augšņu kartes, ilggadīgie zālāji pēc LAD datubāzes un lauka platība > 10 ha	75 085 ha
5	Dabiskas, pārslapinātas meža ekosistēmas atjaunošana organiskās augsnēs lauksaimniecībā izmantojamās zemēs	Lauksaimniecībā izmantojamās zemes, kur organiskās vielas saturs augsnē ir vismaz 12% un kur nav iespējama meliorācijas sistēmu atjaunošana vai uzturēšana	Lauki, kur ir hidromorfās augsnes no vēsturiskās augšņu kartes	113 748 ha

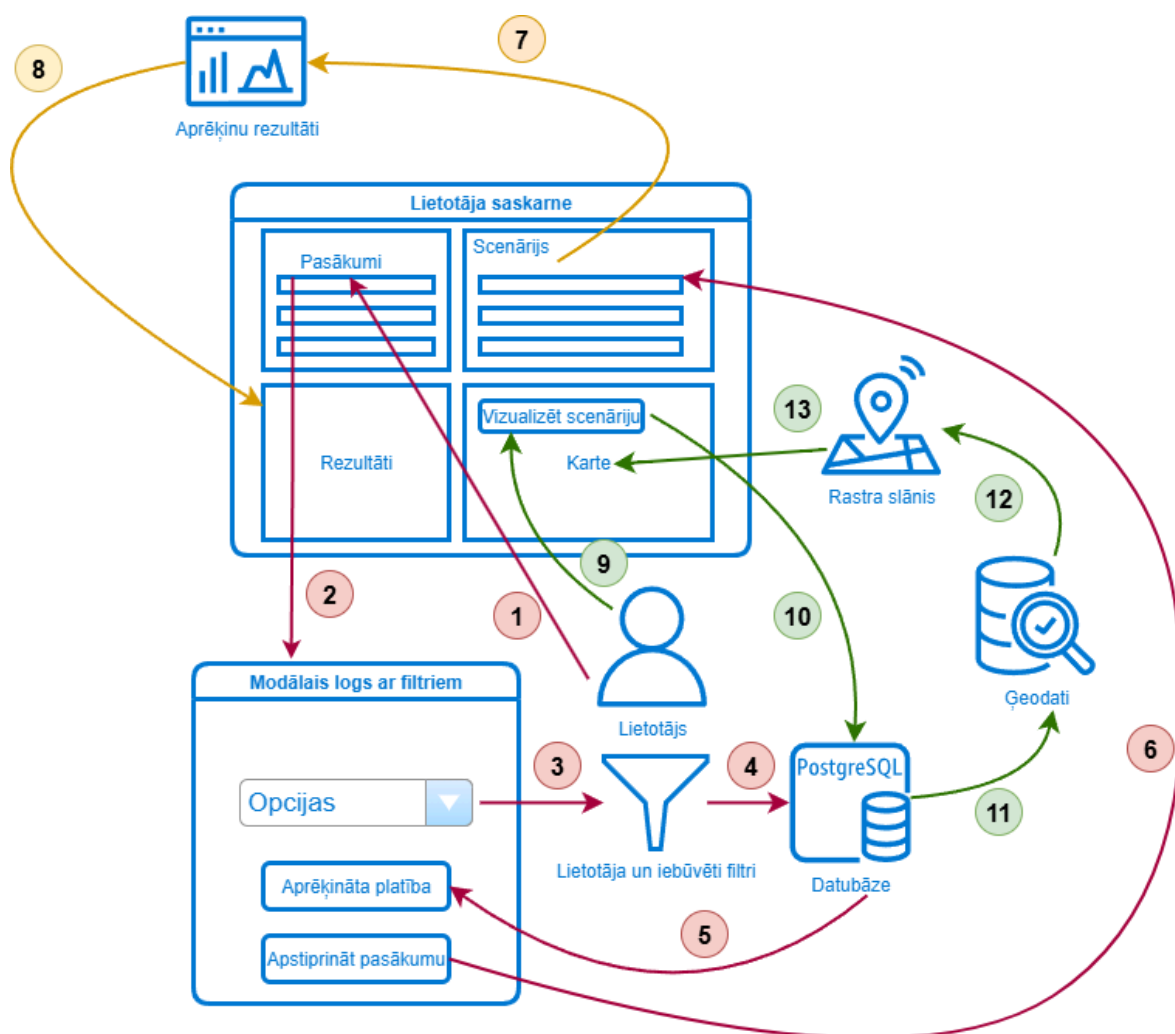
Nr.	Nosaukums	Kritērijs, kur pasākums īstenojams	Kritērija atlase LAD datu bāzē vai no augšņu kartēm	Potenciālā platība scenārija īstenošanai
6	Organisku augšņu aramzemēs transformācija par kultivējamiem ilggadīgiem zālājiem	Lauksaimniecībā izmantojamās zemes ar organisko augsni, kur nav iespējama meža ieaudzēšana	Lauki, kur ir hidromorfās augsnes no vēsturiskās augšņu kartes un nav ilggadīgie zālāji un sētie zālāji pēc LAD datubāzes	57 804 ha
7	Lielogu dzērveņu plantāciju ierīkošana bijušajās kūdras ieguves vietās	Izstrādāti kūdras lauki ar vismaz 0.5 m biezu augstā purva kūdras slāni, funkcionējošu meliorācijas sistēmu un ceļu infrastruktūru	LIFE OrgBalt projektā definētie kūdras ieguves lauki	15 079 ha
8	Augsto zīleņu plantāciju ierīkošana bijušajās kūdras ieguves vietās	Izstrādāti kūdras lauki ar vismaz 0.5 m biezu augstā purva kūdras slāni, funkcionējošu meliorācijas sistēmu un ceļu infrastruktūru	LIFE OrgBalt projektā definētie kūdras ieguves lauki	15 079 ha
9	Kokaugu joslu stādījumi gar meliorācijas sistēmām un ceļu nodalošajām joslām	Lauksaimniecībā izmantojamās zemes, kas robežojas ar meliorācijas grāvjiem, kur ir pietiekoši liela platība joslas stādījuma ierīkošanai	LIFE OrgBalt projektā definētās buferjoslas lauksaimniecībā izmantojamās zemēs	26 706 ha

3. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka metodoloģiskais algoritms

ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka struktūra sastāv no trim galvenajām komponentēm:

1. scenārija konfigurācijas sadaļas, kurā lietotāji vispirms izvēlas politikas pasākumu no saraksta un pēc tam piemēro platību filtrēšanas kritērijus, lai noteiktu piemērotās teritorijas (1. attēls, sarkanās bultas);
2. rezultātu sadaļas, kurā politikas pasākumu kvantitatīvā ietekme tiek attēlota tabulas formātā, ietverot: neto SEG emisijas ($t\ CO_2\ ekv.\ ha^{-1}$), ietekmi un peļņu ($EUR\ ha^{-1}$), nodarbinātības izmaiņas (darba stundas ha^{-1}) un ietekmi uz biodaudzveidību (dzīvotņu kvalitātes punktus ha^{-1}) (1. attēls, dzeltenās bultas);
3. kartes sadaļas, kas nodrošina filtrēto rezultātu telpisko analīzi un vizualizāciju (1. attēls, zaļās bultas).

Darbplūsma, kas ilustrēta 1. attēlā, ir detalizēti aprakstīta turpmākajās apakšnodaļās.



1.attēls. ZIZIMM lēmuma atbalsta rīka darbplūsma

3.1. Pasākumu pievienošanas darbības algoritms

ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka pasākumu pievienošanas darbapļūsma sastāv no šādiem soļiem (skat. 2.att.):

1.solis: lietotājs izvēlas vienu vai vairākus pasākumus;

2.solis: lietotājs katram pasākumam izvēlas platību atlases kritērijus, piemēram, pasākumam “Koksnes pelnu izmantošana meža mēslošanai” var atlasīt meža tipu (mētru kūdrenis, platlapju kūdrenis, viršu kūdrenis, šaurlapukūdrenis), valdošo sugu (priede, egle, bērzs, apse, melnalksnis, baltalksnis, cita), vecuma grupu (jaunaudze, briestaudze, vidēja vecuma audze, pieaugusi audze, pāraugusi audze), novadu, ainavzemi. Katram filtram izvēles process no 2. līdz 5. solim atkārtojas;

3.solis: tiek izveidots datubāzes vaicājums ar lietotāja izvēlētajiem un katram pasākumam iepriekš iebūvētajiem filtriem, kas aprēķina pasākumam atlasīto zemes nogabalu kopējo platību;

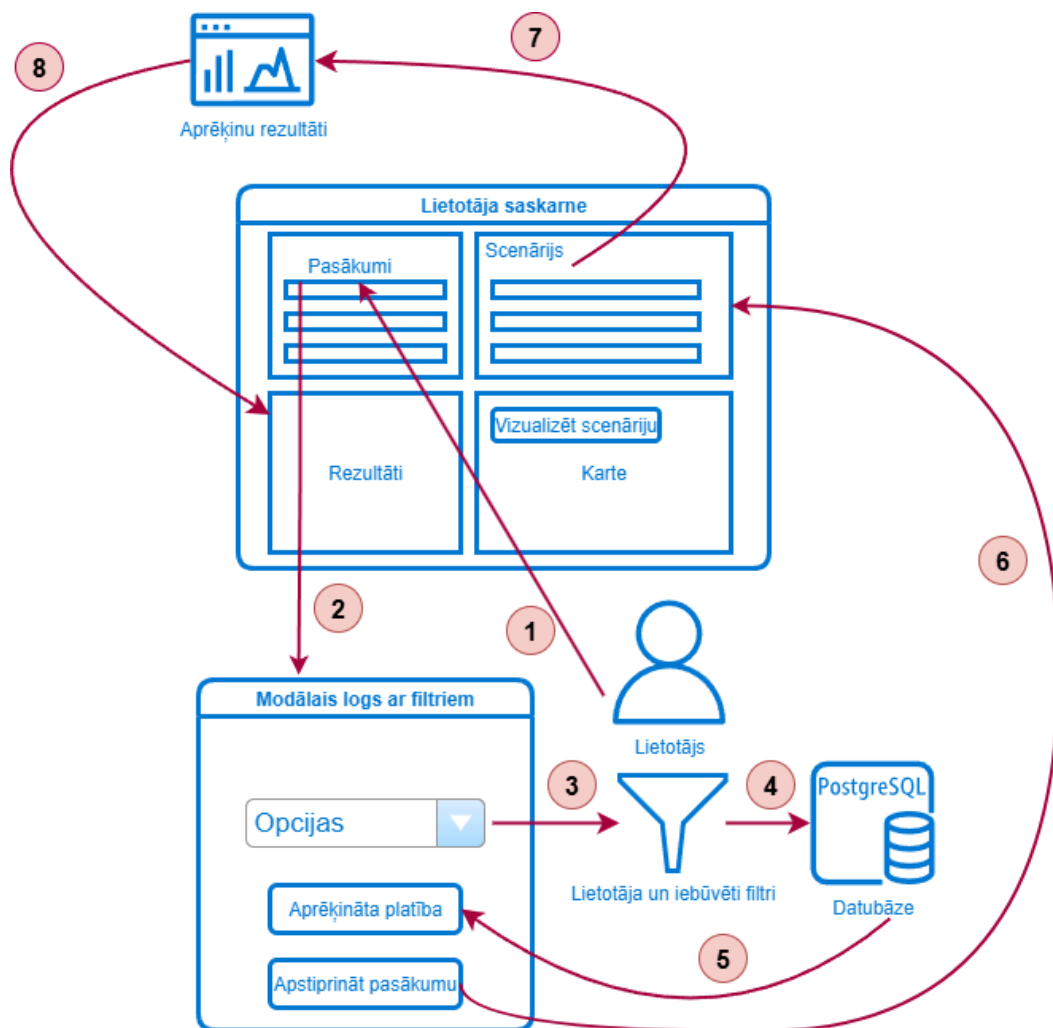
4.solis: tiek izveidots savienojums ar datubāzi un vaicājums tiek izpildīts;

5.solis: aprēķinu rezultāts atspoguļojas lietotāja saskarnē;

6.solis: lietotājs uzklikšķina uz pogas “Apstiprināt pasākumu”, pasākums tiek pievienots scenārijam;

7.solis: ar pasākumu pievienošanu tiek atjaunoti rezultātu bloka aprēķinu rezultāti;

8.solis: rezultātu blokā tiek atspoguļoti aktuālie scenārija ietekmes aprēķinātie radītāji.



2.attēls. ZIZIMM lēmuma atbalsta rīka pasākuma pievienošanas darbaplūsma

Tālāk tiek sniegts apraksts par to, kā tehniski realizēta ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka darbība. Katram darbaplūsmas posmam tiek pievienots vispārīgs tehniskās realizācijas apraksts, kā arī detalizētāks apraksts ar koda piemēriem un paskaidrojumiem.

Lietotājs divreiz ir uzklikšķinājis uz pasākumu “Koksnes pelnu izmantošana meža mēslošanai”. JavaScript funkcija apstrādā šo notikumu, rezultātā nosūtot izvēlēto pasākuma datus uz rīka Shiny serveri, kur notiks turpmāka komunikācija starp serveri, lietotāja saskarni un datubāzi.

Ievade event: click	Apraksts
	Notikums: dubultklikšķis uz pasākuma.
<pre>const rawCategory = \$(this).data('category'); const description = \$(this).data('description'); const objective = \$(this).data('objective'); const requirements = \$(this).data('requirements'); const code = String(\$(this).data('code'));</pre>	Nolasa paneļa HTML datu atribūtos iegultos metadatus. Kategorija: meža zeme; apraksts: koksnes pelnu izmantošana meža mēslošanai; mērķis: pasākuma mērķis ir veicināt koksnes papildpieaugumu un CO₂ piesaisti, uzlabojot augsnes auglību ar koksnes pelniem; prasības: koksnes pelnus ir ieteicams izmantot II-V bonitātes kūdreņos, kur valdošā suga ir priede, egļe un bērzs; kods: 7.
<pre>const remainingPanels =</pre>	Pārbauda, vai šis bija pēdējais atlikušais

<pre>\$(`.draggable-panel[data-category="\${rawCategory}"]`).length; if (remainingPanels === 1) { \$.category-\${rawCategory}`).remove(); }</pre>	panelis meža zemes kategorijā, un, ja tā, noņem tā kategorijas galveni no lietotāja saskarnes.
<pre>Shiny.setInputValue('dropped_item', { id: id, category: categoryClass, description: description, objective: objective, requirements: requirements, code: code }, {priority: 'event'});</pre>	Nosūta atlasītā paneļa datus atpakaļ uz Shiny serveri, izmantojot Shiny.setInputValue, ļaujot servera puses python kodam apstrādāt lietotāja atlasi.
<pre>'dropped_item' = { "id": "drag_7", "category": "Forests", "description": "Koksnes pelnu izmantošana meža mēslošanai", "objective": "Pasākuma mērķis ir veicināt koksnes papildpieaugumu un CO₂ piesaisti, uzlabojot augsnes auglību ar koksnes pelniem.", "requirements": "Koksnes pelnus ir ieteicams izmantot II-V bonitātes kūdreņos, kur valdošā suga ir priede, egle un bērzs.", "code": "7" }</pre>	Uz notikumiem balstīts datu objekts dropped_item, kas tiek nosūtīts uz Shiny serveri.

Pēc pasākuma izvēles, ir atnācis signāls par to, ka vērtība dropped_item tika izmainīta. Lietotāja saskarnē lietotājam tiek atspoguļots modālais logs ar pasākumam atbilstošiem filtriem un filtru izvēlnēm. Funkcija show() dinamiski ģenerē logu “Atlases kritēriji”, kur lietotājam ir iespēja piemērot filtrēšanas kritērijus un apstiprināt pasākumu, pievienojot to scenārijam. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīkā ir iepriekšdefinēti nosacījumi, jeb iebūvēti filtri, kas pasargā lietotāju no neatbilstošu apgabalu izmantošanas. Lai lietotāja saskarnē būtu pieejami tikai atbilstošie filtri un filtru opcijas, tas tiek kontrolēts, pārbaudot izvēlēta pasākuma kodu. Pēc pārbaudes tiek pieņemts lēmums, kādus filtrus pievienot lietotāja saskarnē. Apskatāmā piemērā lietotājs ir izvēlējis meža zemes kategorijas pasākumu. Šis pasākums ir realizējams tikai uz kūdreņiem, tāpēc lietotāja saskarnē filtra izvēlnē “Meža augšanas apstākļi” būs pieejama tikai opcija “Kūdreņi” un arī meža tipa izvēlnes opcijās atspoguļosies tikai tie meža tipi, kas pieder kūdreņu kategorijai.

show()	Apraksts
Ievade input.dropped_item	Notikums: ievades vērtība dropped_item mainās
<pre>selected_activity_id = input.dropped_item().get("code") activity_category = input.dropped_item().get("category") exclude_soil = selected_activity_id in ["1", "2", "9", "10"]</pre>	Saņemot metadatus, nosaka, kuru pasākumu lietotājs izvēlējās. Ar vērtības exclude_soil palīdzību paslēpj ar augsni saistītus ievades laukus pasākumiem ar kodiem 1, 2, 9, 10.

<pre>choice_dict = generate_choices() if selected_activity == "7": forest_type_choices = {k: v for k, v in forest_types.items() if k in ["22", "23", "24", "25"]} grow_condition_types_choices = ["KŪDREŅI (uz nosusinātām kūdras augsnēm)"]</pre>	Izsauc funkciju <code>generate_choices()</code>, kas dinamiski veido vārdnīcas ar pieejamajām filtru opcijām no atlasīta pasākuma. Atlasītam pasākumam kods ir "7", tas piemēro meža augšanas apstākļu filtru opcijām tikai "KŪDREŅI (uz nosusinātām kūdras augsnēm)" un meža tipus ar kodiem 22, 23, 24, 25, kas pieder pie kūdreņiem.
<pre>ui.modal(title="Atlases kritēriji", size="l", easy_close=True, ...)</pre>	Kategorija ir "Meža zeme", tāpēc tiek uzģenerēti mežam specifiski filtri (augšanas apstākļi, meža tips, dominējošās sugas utt.).
Izvade <pre>ui.modal_show(m)</pre>	Modālā loga parādīšanās pārlūkprogrammā, kas ir aizpildīts ar dinamiski ģenerētām nolaižamajām izvēlnēm, kas atbilst atlasītajam pasākumam.

Modālajam logam izveides procesā tika pievienots teksta lauks, kas atspoguļo izvēlēto zemes apgabalu platību. Skaitlis ar platības vērtību dinamiski atjaunojas, kad modālais logs atvērās (reaģējot uz iebūvētiem filtru nosacījumiem, kas atbilst izvēlētajam pasākumam) un kad lietotājs maina vērtības filtru izvēlnēs. Šādā veidā lietotājs tiek informēts par aktuālo pasākumam atlasīto apgabalu platību. Aprēķinot platību, tiek ņemti vērā iepriekš pievienoto pasākumu zemes apgabalu atlases kritēriji. Tādējādi skaitlis, kas ir atspoguļots, atverot modālo logu, sniedz informāciju par to, cik liela ir platība, kas ir pieejama konkrētā pasākuma realizācijai un nav izmantota citos pasākumos. Šāds risinājums ļauj izvairīties no platību atkārtotas izmantošanas jau pirms pasākuma apstiprināšanas.

<code>count_fields()</code>	Apraksts
Ievade <pre>input.filter</pre>	Funkcija tiek aktivizēta automātiski ikreiz, kad parādās modālais logs vai lietotājs modālajā logā maina filtrus.
<pre>selected_crop_group = [] selected_biofarm_support = [] ... selected_landscape_region = input.landscape_region() selected_region = input.filter_region() selected_forest_types = input.forest_type() selected_grow_condition_types = input.grow_condition_types() selected_tree= input.tree() selected_creditworthiness= input.creditworthiness() selected_age_group= input.age_group()</pre>	Nolasa visas filtru ievades, ņemot vērā pasākuma kategoriju, definē tukšos sarakstus visiem iespējamiem filtriem, pat ja tie neattiecas uz pasākumu, lai padotu tukšus un aizpildītus sarakstus funkcijai, kas dinamiski ģenerē SQL vaicājumus.
<pre>sql_condition = generate_sql_condition(...)</pre>	Palīgfunkcija pārveido lietotāja atlases SQL WHERE klauzulā.

<pre> activity_condition = f'"pasakums" LIKE \'%{selected_activity}%\' conditions.append(activity_condition) forest_type_conditions = [f'\'{forest}\'" for forest in selected_forest_types if str(forest) in forest_types] forest_type_condition = build_in_condition('"mt"', forest_type_conditions) if forest_type_condition: conditions.append(forest_type_condition) </pre>	Izvide pasākumam ar kodu 7 būs sekojoša: "pasakums" LIKE '%7%' AND "mt" IN ('22','23','24','25') AND "MAA" IN ('KŪDREŅI (uz nosusinātām kūdras augsnēm)') Tas nozīmē: izvēlēties tikai tos meža nogabalus, kas pieder pie 7. pasākuma, pieder 22.–25. meža tipiem ar augšanas apstākļiem - "KŪDREŅI".
<pre> if last_condition == second_last_condition: selected_area = 0 </pre>	Pārbauda iepriekš pievienotos pasākumus (existing_dataframes), lai novērstu dublēšanos un izslēgtu pārklājošās zonas, ja iepriekš tika izmantots tas pats nosacījums.
<pre> if activity_category == "Meža zeme": if previous_condition: sql = text(f'"" SELECT SUM(f."Area") FROM forest_data f LEFT JOIN (SELECT idx FROM forest_data WHERE {previous_condition}) as subquery ON f.idx = subquery.idx WHERE {sql_condition} AND subquery.idx IS NULL "" if sql_condition else f'"" SELECT SUM(f."Area") FROM forest_data f LEFT JOIN (SELECT idx FROM forest_data WHERE {previous_condition}) as subquery ON f.idx = subquery.idx WHERE subquery.idx IS NULL """) else: sql = text(f'SELECT SUM("Area") FROM forest_data' + (f' WHERE {sql_condition}' if sql_condition else '')) </pre>	Veido datubāzes vaicājumu, ņemot vērā pasākuma kategoriju; vai eksistē jau pievienoti pasākumi scenārijam; vai eksistē iepriekšējais nosacījums (vai ir atlasīti citi filtri). Apskatāmā piemērā vaicājumam tiks pievienoti iebūvēti meža tipa un augšanas apstākļu nosacījumi: <pre> sql = text(""" SELECT SUM(f."Area") FROM forest_data f WHERE "pasakums" LIKE '%7%' AND "mt" IN ('22','23','24','25') AND "MAA" IN ('KŪDREŅI (uz nosusinātām kūdras augsnēm)') """) </pre> Šis vaicājums tiks dinamiski papildināts, ja lietotājs izvēlēsies citas filtru opcijas.
<pre> selected_area = pd.read_sql_query(sql, engine).iloc[0, 0] </pre>	Izpilda uzbūvēto SQL vaicājumu, pieslēdzoties datubāzei ar pandas bibliotēkas palīdzību.
Izvide <pre> rounded_area = round(selected_area, 1) </pre>	Aprēķināto rezultātu noapaļo līdz vienam simbolam aiz komata. Atjauno reaktīvo vērtību

<pre>selected_area_ha.set(rounded_area) ui.update_text("area", value=f"Izvēlēto lauku kopējā platība: {rounded_area} ha")</pre>	selected_area_ha un teksta lauku lietotāja saskarnē, atspoguļojot aprēķinātās platības rezultātu.
---	--

Modālajā logā ir poga “Apstiprināt pasākumu”, kas iniciē pievienošanas procesu pasākuma scenārijam, ja visi ievaddati ir korekti. Kā iepriekš tika minēts, atlasīto nogabalu platības aprēķināšanas posmā tiek pārbaudīts, vai atlasītie nogabali jau ir izmantoti citam pasākumam. Ja visi nogabali ar izvēlētajiem filtriem jau ir izmantoti, tad aprēķinātā platība ir nulle. Kad lietotājs ir uzklikšķinājis uz pasākuma apstiprināšanas pogu, funkcija pārbauda, vai izvēlēto nogabalu platība ir lielāka par nulli.

trigger_add_act()	Apraksts
Ievade <pre>input.add_activity</pre>	Lietotājs modālajā logā noklikšķina uz “Apstiprināt pasākumu”
<pre>selected_activity = input.dropped_item().get("code") activity_category = input.dropped_item().get("category") activity_name = input.dropped_item().get("description") activity_obj = input.dropped_item().get("objective") activity_req = input.dropped_item().get("requirements")</pre>	Ja selected_area_ha() ir vairāk par nulli, no dropped_item metadatiem iegūst pasākuma kodu, kategoriju, aprakstu, mērķi un prasības.
<pre>ui.update_task_button("add_activity", state="busy")</pre>	Iestata pogu aizņemtības režīmā, lai lietotājs nevarētu atkārtot procesu, līdz tas ir pabeigts.
<pre>selected_region = input.filter_region() selected_restrictions = input.restrictions() selected_forest_type = input.forest_type() ... add_act(selected_activity, activity_category, selected_region, selected_restrictions, selected_forest_type ...)</pre>	Apkopo visas filtra atlases, kas atbilst pasākuma kategorijai, un padod funkcijai add_act kā ievades.
<pre>current_activity_dataframes = activity_dataframes()</pre>	Izgūst iepriekš pievienoto pasākumu pašreizējo reaktīvo vārdnīcu.
Izvade <pre>activity_dataframes.set(copy.deepcopy(curr ent_activity_dataframes)) ui.update_task_button("add_activity", state="default")</pre>	Reaktīvais mainīgais activity_dataframes tiek atjaunināts (aktivizē lietotāja saskarnes atsvaidzināšanu). Atgriež pogu normālā stāvoklī.

Pēc ievaddatu pārbaudes tiek uzsākts pasākuma pievienošanas process. Pievienojamam pasākumam funkcija apkopo informāciju par atlasītajiem un iebūvētiem nosacījumiem. Šie nosacījumi tiek apvienoti vienā dinamiski uzģenerētā vaicājumā, kas ir paredzēts

vizualizēšanas posma telpisko datu izgūšanai no datubāzes. Pasākumam tiek saglabāta sekojoša teksta veida informācija: nosaukums, mērķis, prasības realizācijai, filtru atlasīto kritēriju vērtība. Šī informācija tiks izmantota, dinamiski ģenerējot lietotāja saskarnē scenārija bloku. Papildus pasākumam tiek piešķirta krāsa no iepriekšdefinētas paletes, tas tiks izmantots gan pasākuma krāsainai etiķetei scenārija blokā, gan rastra slānim un kartes leģendai.

add_act()	Apraksts
ievade selected_activity, activity_category, activity_name, activity_obj, activity_req, selected_restrictions, selected_org_soil, selected_area_ranges, selected_crop_group, selected_region, selected_biofarm_support, selected_landscape_region, selected_forest_types, selected_balles, selected_hidro, selected_grow_condition_types, selected_tree, selected_creditworthiness, selected_age_group, activity_data, selected_area_count	Izvēlētā pasākuma kods, kategorija, nosaukums, mērķis, prasības, visu filtru apkopotās atlases un selected_area_count, kas ir platības aprēķinu rezultāts.
<pre>if 'Fields' not in activity_data: activity_data['Fields'] = {} if 'Forests' not in activity_data: activity_data['Forests'] = {}</pre>	Nodrošina vārdnīcas struktūras esamību un izveido vārdnīcas atslēgas, ja to trūkst.
<pre>if selected_activity in activity_data[activity_category]: return</pre>	Ja pasākuma kods jau pastāv tajā pašā kategorijā, tā atkārtota pievienošana netiek veikta.
<pre>sql_condition = generate_sql_condition(...) activity_condition = f'"pasakums" LIKE \'%{selected_activity}%\' conditions.append(activity_condition) forest_type_conditions = [f"\'{forest}\'" for forest in selected_forest_types if str(forest) in forest_types] forest_type_condition = build_in_condition("mt", forest_type_conditions) if forest_type_condition: conditions.append(forest_type_condition)</pre>	Palīgfunkcija pārveido lietotāja atlases SQL WHERE klauzulā.
<pre>updated_condition = f"({previous_condition}) OR ({sql_condition})"</pre>	Ja tajā pašā kategorijā jau ir citi pasākumi, apvieno tos.
<pre>assigned_color = freed_colors.pop(0) if</pre>	Katram pasākumam tiek piešķirta unikāla

<code>freed_colors else next_available_color</code>	krāsa no paletes.
<pre>sql_for_retrieval = text(f""" SELECT f.idx, ST_Simplify(f.geom, 0.005) AS geom FROM fields_data f WHERE {sql_condition} ORDER BY f.geom """)</pre>	Ģenerē ģeometrijas izguves SQL vaicājumu, kas ir atkarīgs no kategorijas. Izmanto ST_Simplify, lai optimizētu ģeometrijas atveidošanu.
<pre>activity_data['Forests'][selected_activity] = { "name": activity_name, "objective": activity_obj, "requirements": activity_req, "condition": updated_condition, "sql_for_retrieval": sql_for_retrieval, "selected_area": selected_area_count, "Grow_conditions" : selected_grow_condition_types, "Forest_type": selected_forest_names, "Tree" : selected_tree, "Creditworthiness" : selected_creditworthiness, "Age_group": selected_age_group, "Region": selected_region, "Landscape_region": selected_landscape_region, "color": assigned_color }</pre>	Saglabā visu informāciju reaktīvajā vārdnīcā activity_data zem atbilstošās kategorijas atslēgas. Piemērs: <pre>activity_data["Forests"]["7"] = { "name": "Koksnes pelnu izmantošana meža mēslošanai", "objective": "...", "requirements": "...", "condition": "\"pasakums\" LIKE '%7%'", "sql_for_retrieval": <sqlalchemy.sql.text(...)>, "selected_area": ..., "Grow_conditions": ["KŪDREŅI"], "Forest_type": ..., "Tree": ["Priede"], "Creditworthiness": ["I"], "Age_group": ..., "Region": ["Balvu novads"], "Landscape_region": ..., "color": ... }</pre>
<code>ui.modal_remove()</code>	Pēc saglabāšanas modālais logs tiek aizvērts.
Izvade <pre>activity_data[activity_category][selected_activity] used_colors.add(assigned_color)</pre>	Reaktīvais mainīgais activity_dataframes tiek atjaunināts (aktivizē lietotāja saskarnes atsvaidzināšanu). Pievieno piešķirto krāsu globāli izmantoto krāsu sarakstam.

Pēc pasākuma pievienošanas modālais logs tiek automātiski aizvērts, un visi lietotāja saskarnes elementi, kuri reaģē uz izmaiņām pasākumu vārdnīcā, tiek atsvaidzināti. Scenārija blokā tiek attēlots atjaunināts pasākumu saraksts. Saraksts sastāv no izvēršamo paneļu kopuma, kur paneļa galvenē ir etiķete ar pasākumam piešķirtu krāsu, nosaukums, atlasīto nogabalu platība hektāros. Ja pasākumam tika pielietoti lietotāja vai iebūvētie atlases filtri, izvēršama paneļa galvenē ir arī poga ar bultiņu uz leju, kuru nospiežot lietotājs var redzēt detalizētāku informāciju – izvēlētos nogabalu atlases kritērijus.

<code>scenario()</code>	Apraksts
Ievade <pre>activity_dataframes</pre>	Notikums: tiek izmainīta reaktīva vārdnīca activity_dataframes

<code>activities = activity_dataframes.get()</code>	Izgūst reaktīvas vārdnīcas <code>activity_dataframes</code> saturu
<code>if forest_activities: ui.h5("MEŽĀ ZEME")</code>	Pārbauda, vai eksistē pasākumi kategorijā
<pre>for activity_key, details in forest_activities.items(): color = rgba_to_rgb(details.get("color", (0, 0, 0, 1))) activity_name = details.get("name") area_ha = str(details.get("selected_area")) with ui.div(class_="activity-row"):1 with ui.accordion(multiple=True, open=False): with ui.accordion_panel(title=ui.tags.span({"class": "accordion-title"}, ui.tags.span(class_="color-patch", style=f"background-color:{color};"), f" {activity_name} : {area_ha} ha"), value=f"forests_panel_{activity_key}"): ui.HTML(build_table_html(details, [("Grow_conditions", "Meža augšanas apstākļi"), ("Forest_type", "Meža tips"), ("Tree", "Valdošā suga"), ("Creditworthiness", "Bonitāte"), ("Age_group", "Vecuma grupa"), ("Region", "Novads"), ("Landscape_region", "Ainavas reģions")]))</pre>	Katrs pasākums tiek attēlots kā akordeona galvene ar pasākuma nosaukumu, krāsainu etiķeti ar piešķirto krāsu un atlasītā apgabala aprēķināto summu hektāros. Akordeona iekšpusē ir detalizēta HTML tabula ar visiem izvēlētajiem filtriem. Atsvaidzina lietotāja saskarnes "Scenārijs" bloku.
Izvade <code>ui.accordion, ui.button or ui.card</code>	Rāda atšķirīgu saturu lietotāja saskarnē atkarībā no tā, vai ir pievienoti pasākumi. Ja pasākums ir pievienots, atgriež izvēršamo sarakstu ar pasākumiem (<i>accordion</i>) un scenārija dzēšanas pogu, citādi, scenārija konteineri ar paziņojumu.

Vienlaikus pēc izmaiņām pasākumu vārdnīcas vērtībā, lietotāja saskarnē tiek atjaunots rezultātu bloks. Rezultātu blokā tabulā tiek atspoguļota modelētā scenārija ietekme uz rādītājiem: SEG emisijām ZIZIMM sektorā, peļņu, nodarbinātību un dzīvotņu kvalitāti. Katram rādītājam tabulā tiek attēlota mērvienība, scenārija kopējā vērtība un bāzes kopējā vērtība Latvijā. Ģenerējot tabulu, katram skaitliskajam rezultātam, funkcija piešķir skaitļa attēlošanas krāsu, pamatojoties uz to, vai ietekme pēc būtības ir pozitīva (zaļa krāsa) vai negatīva (sarkana krāsa).

Scenārija procentuālā ietekme uz rādītājiem, salīdzinot pret bāzes vērtību, tiek vizualizēta grafiski zem rezultātu tabulas. Horizontāla joslu diagramma ir interaktīva, piedāvājot lietotājiem vairākus veidus, kā mijiedarboties ar datiem. Novietojot kursoru virs jebkuras joslas, tiek parādīts lodziņš ar precīzu procentuālo vērtību. Iebūvētā rīkjoslā nodrošina tiešu kontroli par vizualizāciju, ļaujot lietotājam tuvināt konkrētus apgabalus, pārvietoties pa

diagrammu, atiestatīt skatu uz noklusējuma stāvokli un lejupielādēt gatavo diagrammu kā PNG attēlu.

Izdzēšot vai pievienojot pasākumu, rezultāti tiek atkārtoti aprēķināti, tabula un grafiks tiek atjaunināti.

results()	Apraksts
ievade activity_dataframes	Notikums: tiek izmainīta reaktīva vārdnīca activity_dataframes
activities = activity_dataframes.get()	Izgūst reaktīvas vārdnīcas activity_dataframes saturu.
<pre> if activity_id in activities: activity = activities[activity_id] selected_area = data.get("selected_area", 0) total_seg += selected_area * activity.get("seg", 0) total_eqp += selected_area * activity.get("eqp", 0) total_ple += selected_area * activity.get("ple", 0) total_bio += selected_area * activity.get("bio", 0) </pre>	Katram atlasītajam pasākumam iegūst koeficientus (kas saglabāti activities_delta) un reizina ar pasākumam atlasīto platību.
<pre> percentages = { "seg": (total_seg / national_totals["seg"]) * 100, "eqp": (total_eqp / national_totals["eqp"]) * 100, "ple": (total_ple / national_totals["ple"]) * 100, "bio": (total_bio / national_totals["bio"]) * 100, "area": (total_area / national_totals["area"]) * 100 } </pre>	Aprēķina valsts kopējo rādītāju procentuālo daļu.
<pre> seg_style = "color: red;" if total_seg > 0 else "color: green;" eqp_style = "color: red;" if total_eqp < 0 else "color: green;" ple_style = "color: red;" if total_ple < 0 else "color: green;" bio_style = "color: red;" if total_bio < 0 else "color: green;" </pre>	Definē krāsu stilus pēc ietekmes veida. Sarkanā krāsa attēlo negatīvas ietekmes (piemēram, lielākas emisijas, samazināta peļņa). Zaļā krāsa attēlo pozitīvas ietekmes.
<pre> html_table = f""" <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <colgroup> <col style="width: 40%;"> <col style="width: 20%;"> <col </pre>	Izveido HTML tabulu, kurā apkopotas aprēķinātās kopsummas un procentuālās vērtības.

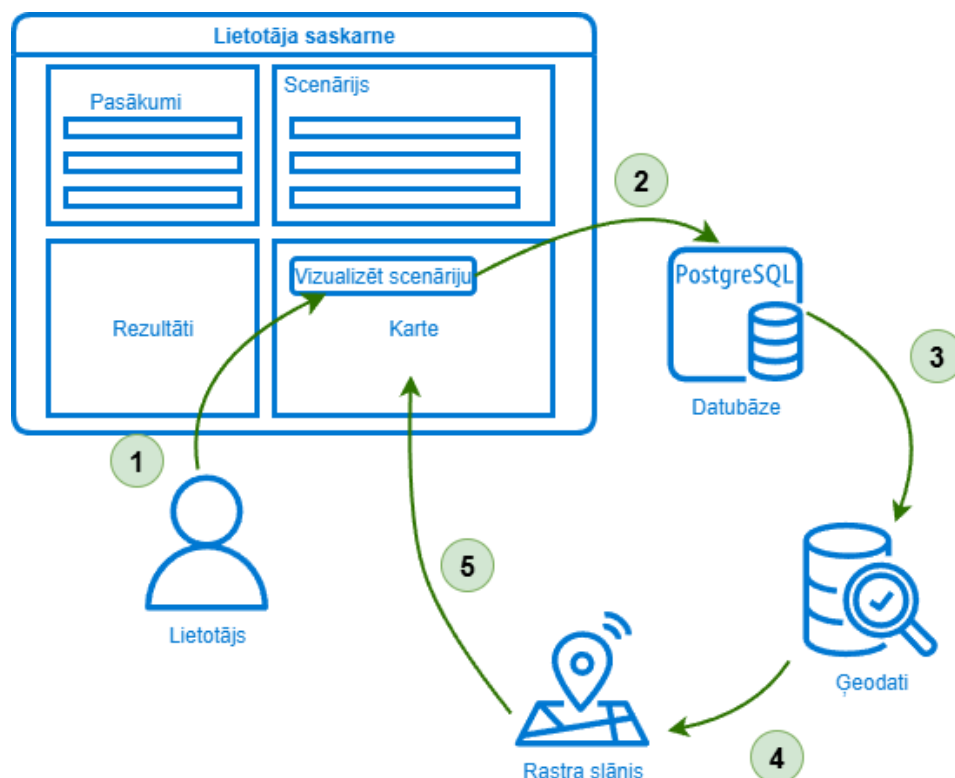
<pre> style="width: 20%;"> <col style="width: 20%;"> </colgroup> <tr> style="text-align: left; padding: 6px 8px;">Rādītājs</th> <th style="text-align: right; padding: 6px 8px;">Scenārija kopējais</th> <th style="text-align: right; padding: 6px 8px;">Kopējais Latvijā</th> <th style="text-align: right; padding: 6px 8px;">Procenti</th> </tr> style="text-align: left; padding: 6px 8px;">Scenārija platība (tūkst. ha)</td> <td style="text-align: right; padding: 6px 8px;">{int(total_area / 1000):,}</td> <td style="text-align: right; padding: 6px 8px;">{int(national_totals["area"] / 1000):,}</td> <td style="text-align: right; padding: 6px 8px;">{percentages["area"]:.2f}%</td> </tr> ... </pre>	
<pre> indicators = [{"name": "Scenārija platība", "value": round(percentages["area"], 2), "color": "gray"}, {"name": "SEG emisijas", "value": round(percentages["seg"], 2), "color": "blue"}, {"name": "Peļņa", "value": round(percentages["eqp"], 2), "color": "yellow"}, {"name": "Nodarbinātība", "value": round(percentages["ple"], 2), "color": "red"}, {"name": "Dzīvotņu kvalitāte", "value": round(percentages["bio"], 2), "color": "green"},] </pre>	legūst katra rādītāja procentuālās vērtības no vārdnīcas, izmantojot definēto krāsu.
<pre> fig = go.Figure() fig.add_trace(go.Bar(x=values, y=names, orientation='h', marker_color=colors, text=[f"{v:+.1f}%" for v in values], </pre>	Izveido horizontālu joslu diagrammu. Katra josla rāda procentuālās izmaiņas, pievienojot pirms vērtībām "+" vai "-". Pievieno joslām krāsu kodējumus, izmantojot vārdnīcu. Uz joslām automātiski tiek attēlotas vērtības.

<pre> textposition='auto',)) </pre>	
<pre> fig.update_layout(title=dict(text="Pasākumu ietekme uz rādītājiem
(% no valsts kopējā)", x=0.5), xaxis=dict(range=[-x_range, x_range], zeroline=True, zerolinecolor="black", zerolinewidth=3), plot_bgcolor="white", paper_bgcolor="white") </pre>	Diagramma ir konfigurēta ar baltu fonu, melnu tekstu un simetrisku X asi, kuras centrs ir 0.
<pre> max_abs = max(abs(v) for v in values) or 1 x_range = max(max_abs * 1.25, 5) </pre>	Dinamiski izveido X ass diapazonu, pamatojoties uz rezultātu vērtībām.
<pre> html_content = pio.to_html(fig, include_plotlyjs='cdn', full_html=False, config={ 'displayModeBar': True, 'displaylogo': False, 'scrollZoom': False }) return ui.HTML(html_content) </pre>	Pārveido Plotly attēlu par atsevišķu HTML bloku. Pēc tam HTML tiek atveidots konteinerā.
<pre> Izvade ui.HTML(html_table) ui.div(plot) </pre>	Parāda izveidoto tabulu un grafiku lietotāja saskarnes "Rezultāti" blokā.

3.2. Scenārija ģeotelpiskā vizualizēšana uz kartes

ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka ģeotelpiskās vizualizēšanas darbapļūsma sastāv no šādiem soļiem (skat. 3.att.):

- 1.solis: lietotājs uzklikšķina uz pogas "Vizualizēt scenāriju";
- 2.solis: tiek izveidots savienojums ar datubāzi;
- 3.solis: tiek izpildīts ģeodatu izguves vaicājums;
- 4.solis: ģeodati tiek konvertēti rastra formātā;
- 5.solis: rastra slānis tiek pievienots interaktīvai kartei.



3.attēls. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka scenārija ģeotelpiskās vizualizēšanas darbapļūsma

Kad tiek pievienots vismaz viens pasākums, lietotajā saskarnē virs kartes tiek parādīta “Vizualizēt scenāriju” poga. Nospiežot šo pogu, tiek iniciēta scenārija ģeotelpiskā atspoguļošana uz kartes. Uzklikšķinot uz pogas, lietotāja saskarnei tiek pievienota procesa atcelšanas sarkana poga “Atcelt” un progressa izsekošanas josla, kas vispirms informē lietotāju par datu izgūšanas no datubāzes procesa stāvokli un pēc tam par rastra slāņa sagatavošanas progresu. Datu apstrādes laikā “Vizualizēt scenāriju” pogas nosaukums mainīsies uz “Notiek apstrāde”, informējot lietotāju par to, ka šī poga nav pieejama atkārtotai izmantošanai līdz vizualizēšanas process ir pabeigts. Tomēr šī procesa laikā lietotāja saskarne paliek atsaucīga, ļaujot pārtraukt procesu, nospiežot uz atcelšanas pogas. Ja process tiek atcelts, karte tiek atgriezta sākumstāvoklī, bet visi pārējie bloki netiek ietekmēti.

<code>confirm_scenario()</code>	Apraksts
Ievade event: click	Notikums: lietotājs ir uzklikšķinājis uz pogas “Vizualizēt scenāriju”.
<code>clear_map()</code>	Pirms jaunu slāņu renderēšanas noņem visus esošos slāņus.
<code>if not activities:</code> <code>return</code>	Ja pasākumu vārdnīca ir tukša, nekas nenotiek.
<code>existing_layers = {layer.name for layer</code> <code>in scenario_map.widget.layers if</code> <code>isinstance(layer, ImageOverlay)}</code> <code>legend_colors = {}</code>	Novērš dublētus slāņus. Sagatavo pasākumu nosaukumu un piešķirto krāsu vārdnīcu, lai pielāgotu kartes leģendai.
<code>for idx, (activity_type, activity_data)</code> <code>in enumerate(activities.items()):</code> <code>for activity_id, details in</code> <code>activity_data.items():</code> ...	Apstrādā datus par lauksaimniecības un meža zemi, kā arī par atsevišķiem pasākumiem.

<pre>activity_name = details.get("name") color = details.get("color", np.array([255, 255, 255, 255])) hex_color = mcolors.rgb2hex(color[:3])</pre>	legūst pasākumu nosaukumu un RGBA krāsu. Pārvērš RGBA krāsu heksadecimāldaļās leģendai.
<pre>if activity_name in existing_layers: continue</pre>	Izlaiž jau attēlotus slāņus.
<pre>total_count_query = f"SELECT COUNT(*) FROM ({sql}) as subquery" total_count = connection.execute(text(total_count_query .strip())).scalar()</pre>	Aprēķina kopējo apstrādājamo datu rindu fragmentu skaitu.
<pre>gdf_local = await retrieve_data(sql, total_chunks, activity_name)</pre>	Izmanto retrieve_data funkciju, lai ielādētu GeoDataFrame fragmentus.
<pre>bounds = gdf_local.total_bounds width = int((bounds[2] - bounds[0]) / resolution) height = int((bounds[3] - bounds[1]) / resolution)</pre>	Nosaka rastra režģa izmēru no datu robežām un izšķirtspējas (0,005 grādi uz pikseli).
<pre>shapes = [(geom, idx + 1) for geom in gdf_local.geometry if geom is not None]</pre>	Katra ģeometrija ir atzīmēta ar unikālu veselu skaitli rasterizācijai.
<pre>rasterized = await rasterize_data(shapes, total_shapes, height, width, bounds)</pre>	Izmanto rasterize_data funkciju, kas pārveido vektoru ģeometrijas 2D masīvā, pa fragmentiem.
<pre>for i in range(4): colored_raster_data[:, :, i] = np.where(rasterized == (idx + 1), color[i], colored_raster_data[:, :, i])</pre>	Pielieto RGBA krāsu visiem pikseliem.
<pre>img_overlay = ImageOverlay(url='data:image/png;base64,' + array_to_b64_png(colored_raster_data), bounds=((bounds[1], bounds[0]), (bounds[3], bounds[2])), name=activity_name) scenario_map.widget.add_layer(img_overlay)</pre>	Pārveido rastra masīvu par base64 PNG failu un pievieno to kartei lietotāja saskarnes blokā "Karte". Nodrošina, ka pārklājums ir saskaņots ar pasākuma robežām.
<pre>legend_control = LegendControl(name="Pasākumi", legend=legend_colors, position="bottomright") toggle_control = WidgetControl(widget=toggle_button, position="topright") scenario_map.widget.add_control(legend_co ntrol) scenario_map.widget.add_control(toggle_co ntrol)</pre>	Pievieno leģendu, kurā redzami pasākumu nosaukumi un krāsas. Pievieno pārslēgšanas pogu, lai parādītu/paslēptu leģendu.
<pre>if not any(isinstance(control, LayersControl) for control in scenario_map.widget.controls):</pre>	Nodrošina, ka kartē ir slāņu pārslēdzējs, lai pārslēgtu pasākumu redzamību.
<pre>finally: ui.remove_ui(selector="#btn_cancel")</pre>	Noņem apstrādes atcelšanas pogu, kad apstrādes process ir pabeigts.

Izvade scenario_map	Atjaunina karti lietotāja saskarnē, pievienojot scenārija pasākumu slāņus un leģendu.
-------------------------------	---

Scenārijā vizualizēšanas procesā pamatā ir divi secīgi apakšprocesi: ģeotelpisko datu izgūšana no datubāzes un šo datu pārvēršana no vektoru formāta rastra formātā. Datu izgūšana notiek, izmantojot SQL vaicājumu, kas katram pasākumam tiek glabāts pasākumu vārdnīcā. Šajā vaicājumā ir apkopoti visi izvēlēti pasākuma zemes nogabaliem pielietotie nosacījumi un tas ir gatavs izmantošanai. Vispirms ar šo vaicājumu funkcija saskaita atbilstošu datu rindu skaitu, lai izmantotu šo kopējo skaitli, sadalītu izgūšanas un rastra izveidošanas procesus daļās un palaistu šos resursietilpīgos procesus asinhroni. Dati tiek atstrādāti pa fragmentiem, kas ļauj lietotāja saskarnei palikt atsaucīgai, demonstrēt lietotājam procesa norises progresu un mazināt slodzi uz atmiņu un datubāzi.

retrieve_data()	Apraksts
Ievade sql, total_chunks, activity_name	Izpildāmais SQL vaicājums (teksta objekts vai virkne); kopējais datu fragmentu skaits; pasākuma nosaukums.
with ui.Progress(min=0, max=total_chunks) as p: p.set(message=f"Datu izgūšana pasākumam {activity_name}")	Lietotāja saskarnē tiek parādīts progressa indikators. Min=0, max=total_chunks iestata diapazonu. P.set(idx + 1) atjaunina progresu pēc katra fragmenta.
for idx, chunk in enumerate(gpd.read_postgis(sql, engine, geom_col='geom', crs='EPSG:4326', chunksize=5000)):	Izmanto GeoPandas, lai izgūtu datus no datubāzes. Chunksize=5000 nodrošina, ka dati tiek ielādēti mazākās partijās, novēršot atmiņas problēmas. Katrs chunksize ir GeoDataFrame, kurā ir līdz 5000 rindām.
await asyncio.sleep(0)	Atdod kontroli atpakaļ notikumu cilpai, lai lietotāja saskarne saglabātu atsaucību datu ielādes laikā.
if confirm_scenario.status._value != "running": break	Pārbauda, vai lietotājs ir atcēlis scenārija vizualizēšanu. Ja tā, aptur turpmāku datu izgūšanu.
gdf_local = pd.concat([gdf_local, chunk], ignore_index=True)	Apvieno visus fragmentus vienā DataFrame.
Izvade gdf_local	Atgriež GeoDataFrame ar visām izgūtajām rindām.

Vektoru datu konvertēšanas uz rastra formātu process pēc izpildes loģikas notiek līdzīgi datu izgūšanai – asinhroni un pa fragmentiem, vizuāli informējot par procesa progresu. Procesā mērķis ir konvertēt datus rastra formātā, lai turpmāk pārvērstu šo rastra slāni attēlā un pievienotu kartei, ģeotelpiski atspoguļojot scenārija ietekmi.

rasterize_data()	Apraksts
Ievade shapes, total_shapes, height, width, bounds	Rasterizējamo ģeometriju saraksts; kopējais formu skaits (procesa izsekošanai); rastra masīva izmēri; rastra režģa robežas (minx, miny, maxx, maxy).

<pre>chunk_size = 500 total_chunks = (len(shapes) // chunk_size) + (1 if len(shapes) % chunk_size > 0 else 0)</pre>	Sadala formas 500 vienību fragmentos apstrādei. Aprēķina kopējo fragmentu skaitu progresa joslā.
<pre>with ui.Progress(min=0, max=total_chunks) as p: p.set(message="Sagatavo rastra datus")</pre>	Lietotāja saskarnē tiek parādīts progresa indikators. Atjaunina progresu pēc katra fragmenta.
<pre>await asyncio.sleep(0)</pre>	Atdod kontroli atpakaļ notikumu cilpai, lai lietotāja saskarne saglabātu atsaucību datu ielādes laikā.
<pre>if confirm_scenario.status._value != "running": break</pre>	Pārbauda, vai lietotājs ir atcēlis scenārija vizualizēšanu. Ja tā, aptur turpmāku apstrādi.
<pre>chunk_rasterized = features.rasterize(current_chunk, out_shape=(height, width), transform=from_bounds(*bounds, width, height), fill=0, all_touched=True, dtype=np.uint8) rasterized = np.maximum(rasterized, chunk_rasterized)</pre>	Izmanto rasterio.features.rasterize, lai pārveidotu vektoru formas par rastru. All_touched=True: atzīmē visus pikselus, ar kuriem saskaras ģeometrija. Np.maximum nodrošina, ka pārklājošie daudzstūri tiek pareizi apvienoti rastrā.
<pre>gdf_local = pd.concat([gdf_local, chunk], ignore_index=True)</pre>	Apvieno visus fragmentus vienā DataFrame.
Izvade rasterized	Atgriež rastra masīvu, kur pikseli, kas pārklājas ar jebkuru ģeometriju, ir iestatīti uz 1.

Ja vizualizēšanas process jebkurā posmā tiek pārtraukts, tiek palaista palīgfunkcija, kas nodrošina kartes atgriešanu sākumstāvoklī.

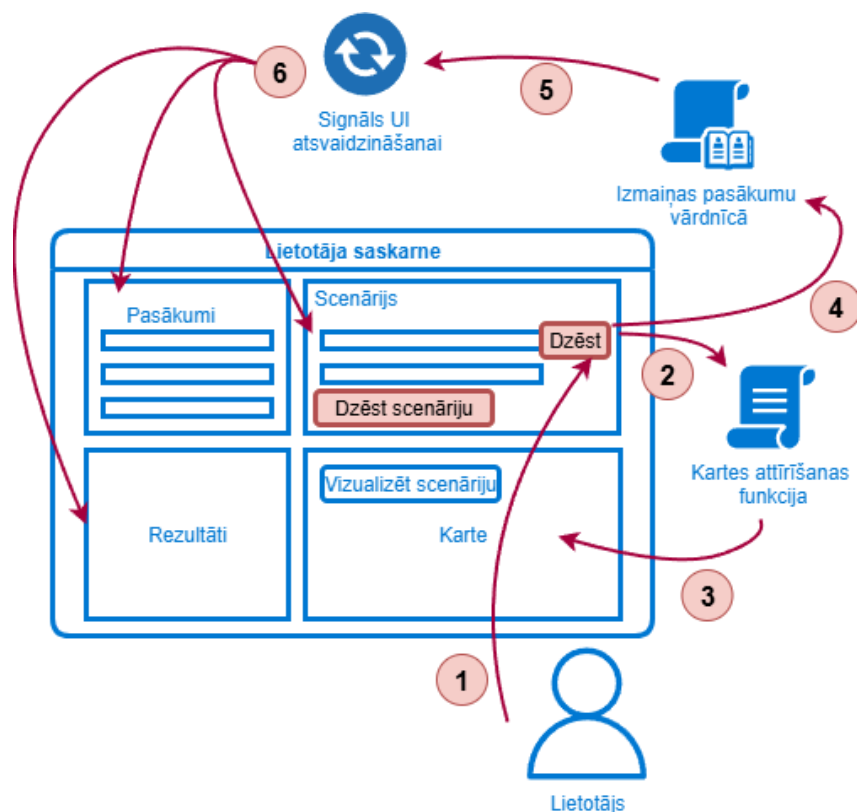
<code>clear_map()</code>	Apraksts
Ievade scenario_map	Interaktīvās kartes elements lietotāja saskarnē.
<pre>lat, lon = 56.8796, 24.6032 scenario_map.widget.center = [lat, lon] scenario_map.widget.zoom = 7</pre>	Centrē karti uz Latviju (aptuvenās koordinātas). Iestata tālumaizmaiņas līmeni uz 7, valsts līmeņa skatu.
<pre>existing_controls = [control for control in scenario_map.widget.controls if isinstance(control, WidgetControl)] for control in existing_controls: scenario_map.widget.remove_control(control)</pre>	Atrod visus kartei pievienotos interaktīvos logrīkus (piemēram, leģendas paslēpšanas pogu) un noņem tos.
<pre>existing_legends = [legend for legend in scenario_map.widget.controls if isinstance(legend, LegendControl)] for legend in existing_legends:</pre>	Atrod visus leģendu slāņus un noņem tos.

<code>scenario_map.widget.remove_control(legend)</code>	
<pre>layer_control = [control for control in scenario_map.widget.controls if isinstance(control, LayersControl)] for control in layer_control: scenario_map.widget.remove_control(control)</pre>	Ja pastāv LayersControl (izmanto, lai pārslēgties starp pasākumu slāņiem), tas tiek noņemts.
<pre>for layer in list(scenario_map.widget.layers): if isinstance(layer, ImageOverlay): scenario_map.widget.remove_layer(layer)</pre>	Noņem visus ImageOverlay, kas ir krāsainie rastra slāņi pasākumiem.
Izvade scenario_map	Interaktīvās karte elements lietotāja saskarnē tiek atgriezts sākumstāvoklī.

3.3. Pasākuma dzēšana

ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka pasākumu dzēšanas darbaplūsma sastāv no šādiem soļiem (skat. 4.att.):

- 1.solis: lietotājs uzklikšķina uz pogas “Dzēst” pretī pasākumam;
- 2.solis: tiek izsaukta kartes attīrīšanas funkcija;
- 3.solis: kartes bloks lietotāja saskarnē tiek atgriezts sākumstāvoklī;
- 4.solis: pasākums tiek dzēsts no pasākuma vārdnīcas;
- 5.solis: reaģējot uz izmaiņām, pasākuma vārdnīcā tiek izveidots signāls lietotāja saskarnes atsvaidzināšanai;
- 6.solis: lietotāja saskarnes scenārija, pasākumu un rezultātu bloki tiek atjaunoti, atspoguļojot stāvokli pēc pasākuma dzēšanas.



4.attēls. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka pasākuma dzēšanas darbplūsmas

Aiz katra pasākuma paneļa pa labi tiek uzģenerēta un pievienota pasākuma dzēšanas poga, kas ļauj vienlaikus dzēst vienu pasākumu no scenārija. Kad pasākums tiek dzēsts, funkcija pielāgo atlikušo pasākumu SQL vaicājumus un nosacījumus, lai saglabātu to secību un loģiskās attiecības. Ja pirmais pievienotais pasākums tiek dzēsts, otrais pievienotais pasākums kļūst par jauno sākumpunktu. Kad tiek dzēsts pasākums, kurš pievienošanas secībā atrodas starp vismaz citiem diviem pasākumiem, funkcija atkārtoti loģiski savieno atlikušos pasākumus, lai to secība un attiecības turpinātos vienmērīgi, nodrošinot, ka loģiskajā plūsmā nerodas kļūdas vai pārklāšanās. Ja pēdējais pievienotais pasākums tiek dzēsts, nekas cits nav jāmaina, jo iepriekšējie pasākumi paliek neaskarti. Pēc dzēšanas tiek atkārtoti aprēķinātas pasākuma ietekmes platības un rezultātu bloka rādītāji, reaģējot uz izmaiņām pasākumu vārdnīcas reaktīvajā vērtībā. Kad pasākums ir izdzēsts, kartes bloks tiks atgriezts sākumstāvoklī.

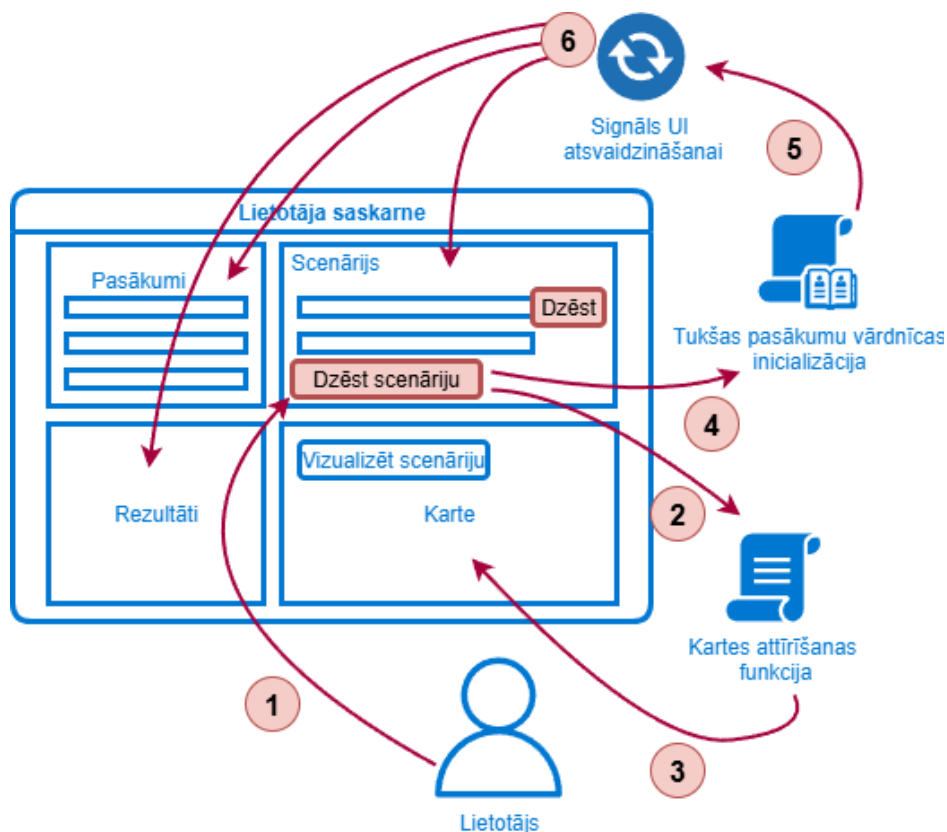
<code>remove_activity()</code>	Apraksts
Ievade <code>activity_name,</code> <code>activity_category,</code> <code>activity_data</code>	Pasākuma nosaukums, kategorija, <code>activity_dataframes</code> vārdnīcas stāvoklis pirms pasākuma dzēšanas.
<code>updated_data =</code> <code>copy.deepcopy(activity_data)</code>	Novērš reaktīvo datu mutāciju pasākuma dzēšanas procesā.
<pre>if activity_category not in updated_data or activity_name not in updated_data[activity_category]: return updated_data</pre>	Nodrošina, ka dzēšanas mēģinājums tiek veikts tikai tad, ja pasākums pastāv.
<pre>color_to_free = activity.get("color") if color_to_free and color_to_free in</pre>	Atbrīvo krāsu atkārtotai izmantošanai turpmāk pievienotiem pasākumiem.

<pre>used_colors: used_colors.remove(color_to_free) freed_colors.append(color_to_free)</pre>	
<pre>del category_activities[activity_name]</pre>	Noņem pasākumu no atbilstošas kategorijas vārdnīcā.
<pre>remaining_order = list(category_activities.keys()) recalculation_targets = remaining_order[deleted_index:] if deleted_index < len(remaining_order) else []</pre>	Nodrošina, ka visi pasākumi pēc dzēsta pasākuma tiek pārrēķināti. Tas saglabā dinamiski ģenerēto SQL nosacījumu "kumulatīvo" loģiku.
<pre>base_condition = generate_sql_condition(...)</pre>	Atjaunina kumulatīvo nosacījumu, ja ir bijuši iepriekšēji pasākumi.
<pre>if not updated_activities: data["condition"] = base_condition if base_condition else "TRUE" else: prev_activity = next(reversed(updated_activities.values())) if base_condition: data["condition"] = f"({prev_activity['condition']}) OR ({base_condition})" else: data["condition"] = prev_activity["condition"]</pre>	Pārveido SQL vaicājumu datu izgvei, lai ievērotu iepriekšējo pasākumu nosacījumus. Pārrēķina atlasīto apgabalu platību no datubāzes, izmantojot atjaunināto SQL vaicājumu.
Izvade updated_data	Atgriež pēc pasākuma dzēšanas atjaunināto pasākumu vārdnīcu.

3.4. Scenārija dzēšana

ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka scenāriju dzēšanas darbaplūsma sastāv no šādiem soļiem (skat. 5.att.):

- 1.solis: lietotājs uzklikšķina uz pogas "Dzēst scenāriju";
- 2.solis: tiek izsaukta kartes attīrīšanas funkcija;
- 3.solis: kartes bloks lietotāja saskarnē tiek atgriezts sākumstāvoklī;
- 4.solis: tiek inicializēta tukša pasākuma vārdnīca;
- 5.solis: reaģējot uz izmaiņām, pasākuma vārdnīcā tiek izveidots signāls lietotāja saskarnes atsvaidzināšanai;
- 6.solis: lietotāja saskarnes scenārija, pasākumu un rezultātu bloki tiek atgriezti sākumstāvoklī.



5.attēls. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka scenārija dzēšanas darbapļūsma

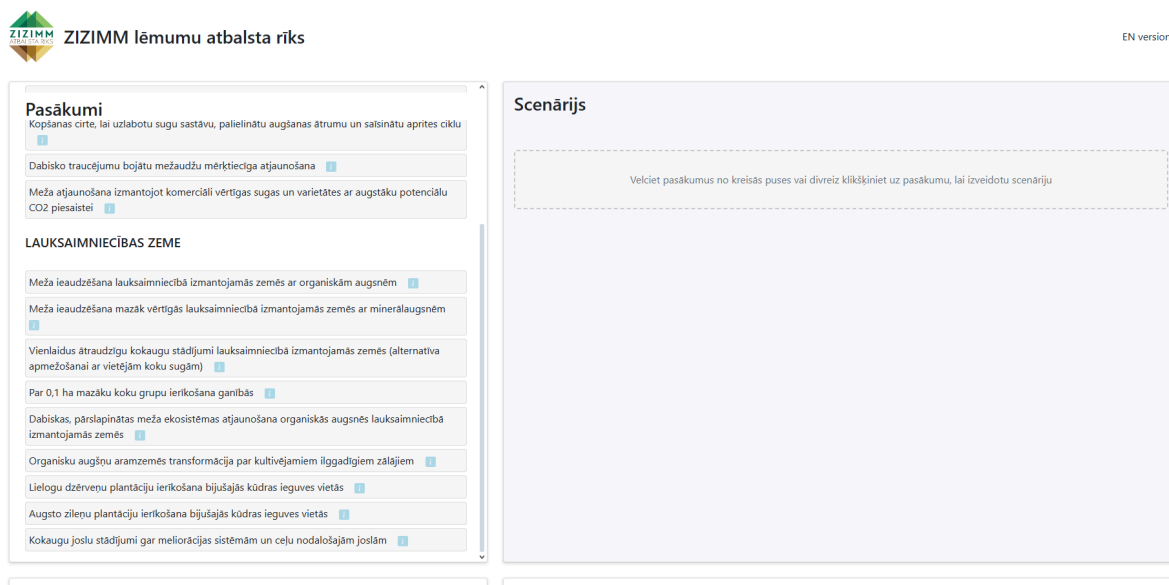
Lietotājam ir iespēja dzēst visu scenāriju un atgriezt aplikāciju sākumstāvoklī, uzklikšķinot uz pogas “Dzēst scenāriju”. Kartes bloks tiek atsvaidzināts manuāli, palaižot palīgfunkciju, bet pārējie vizuālie elementi lietotāja saskarne tiek atjaunoti automātiski, noreagējot uz izmaiņām pasākuma vārdnīcas reaktīvajā vērtībā.

<code>reset()</code>	Apraksts
Ievade <code>activity_dataframes,</code> <code>used_colors</code>	Pasākumu reaktīvā vārdnīca un pasākumiem izmantoto krāsu saraksts.
<code>activity_dataframes.set({})</code>	Atiestata pasākumu reaktīvo vārdnīcu.
<code>used_colors.clear()</code>	Notīra pasākumiem krāsu piešķires izsekošanas sarakstu.
<code>clear_map()</code>	Izmantojot palīgfunkciju, atgriež kartes bloku sākumstāvoklī.
<code>ui.remove_ui(selector="#reset")</code>	Izdzēš “Dzēst scenāriju” pogu no lietotāja saskarnes.
Izvade <code>activity_dataframes.set({})</code>	Pāsākumu vārdnīca, krāsu saraksts un lietotāja saskarne tiek atgrieztī sākumstāvoklī.

4. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka dizains un izmantošanas piemērs

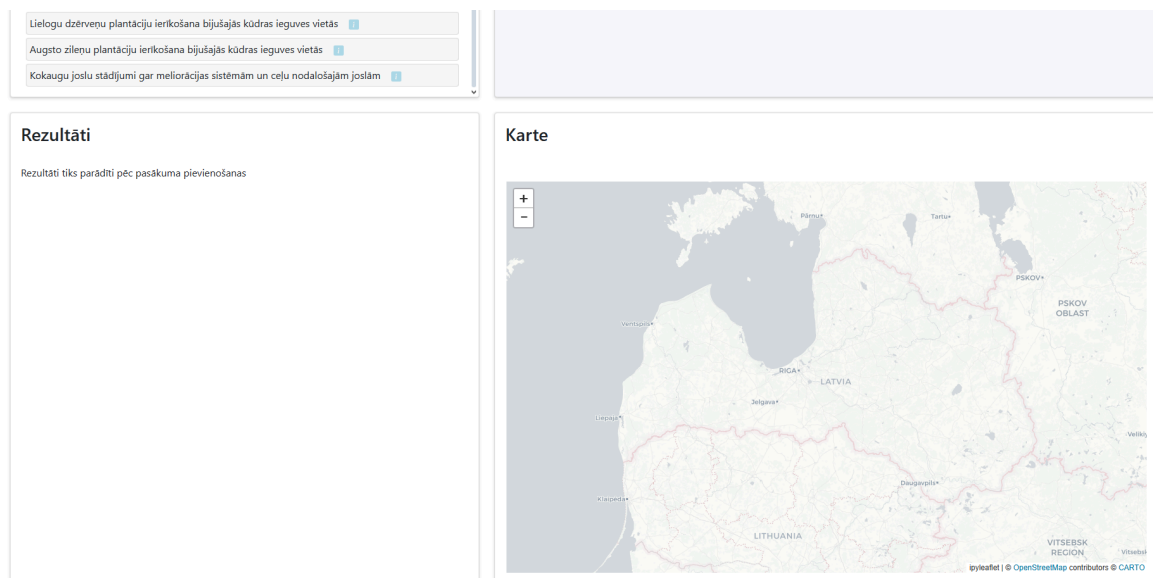
ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka dizains ir attēlots 6. un 7. attēlā, kas ir lietotāja ekrāna logu ekrānu uzņēmumi. Rīka vizuālais izkārtojums sadala lietotāja saskarnes elementus četros loģiskos blokos: pasākumi, scenārijs, rezultāti un karte. Izņemot šos blokus, rīkam ir arī logotips ar nosaukumu un valodas pārslēgšanas poga. Tādējādi lietotāja saskarne nav pārslogota ar vizuāliem elementiem un ir orientēta uz galvenā uzdevuma izpildi, kas ir scenārija modelēšana.

Kreisajā galvenēs pusē ir logotipa attēls ar tukšu atstarpi augšpusē un apakšpusē un rīka virsraksts, kas attēlots lielā galvenes fontā (h3) ar noņemtām malām, lai nodrošinātu blīvāku atstarpi. Labajā pusē ir valodas pārslēgšanas poga, uz kuras noklikšķinot, lietotājs tiek novirzīts uz ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka versiju angļu valodā. Šīs divas pusēs ir sakārtotas, izmantojot elastīgu konteineru ar iekšējo atkāpi, vertikālu centrēšanu un atstarpi starp elementiem. Visai galvei ir pilna platuma stils un iekšējā atkāpe (10 px).



6.attēls. ZIZIMM lēmuma atbalsta rīka lietotāja pirmais ekrāna logs

ZIZIMM lēmumu atbalsta rīks ir sadalīts četros blokos: pasākumi, scenārijs, rezultāti un karte. Izkārtojums ir sadalīts divās kolonnās, aptuveni 5/12 un 7/12 no pieejamā platuma. Kreisajā kolonnā ir divi vertikāli izkārtoti konteineri: pasākumu un rezultātu bloki. Ritināms konteiners ar pasākumu bloku aizņem 80% no skata loga augstuma (80vh). Relatīvas pozīcijas uzstādījums ļauj absolūti novietot konteineru iekšējos elementus. Tas tiek izmantots, lai ritinot pasākumu, sarakstu nosaukums "Pasākumi" paliktu uz vietas. Labajā kolonnā ir divi vertikāli novietoti konteineri: scenārija un kartes bloki. Scenārija konteiners izmanto citu fona krāsu, lai pievērstu lietotāja uzmanību un norādītu uz hiperaktivitāti. Kartes konteinerim ir pilnekrāna režīma attēlošanas iespēja.

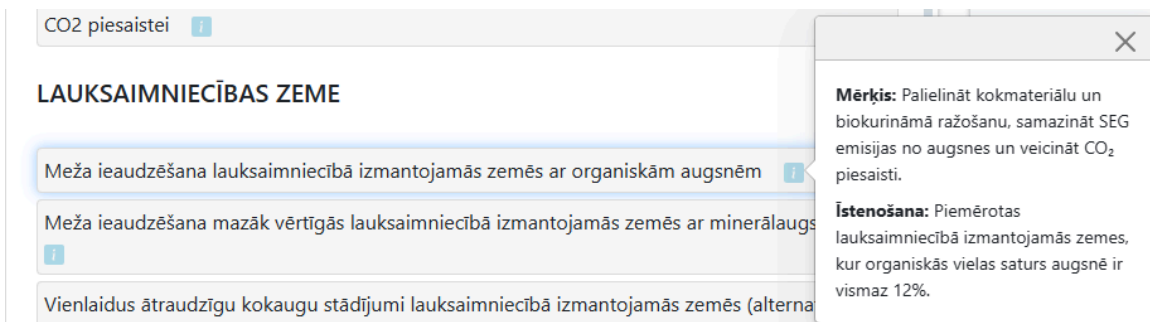


7.attēls. ZIZIMM lēmuma atbalsta rīka lietotāja pirmais ekrāna logs

Lai skaidrāk izprastu ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka darbības principu no lietotāja skatu punkta, tiks sniegts uz konkrētā piemērā bāzēts rīka lietošanas gadījums ar ekrānu uzņēmumiem. Apskatītā piemērā lietotājs modelē scenāriju ar sekojošiem pasākumiem un kritērijiem:

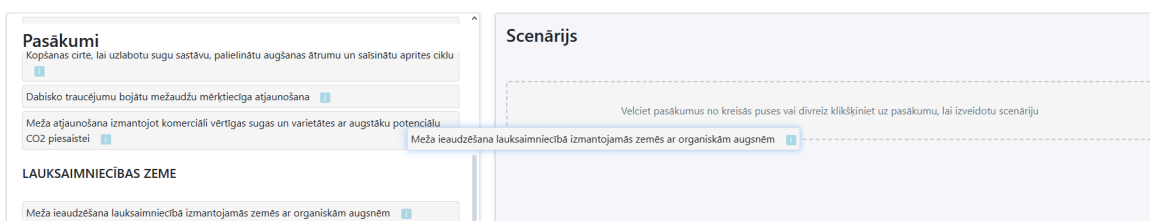
1. meža ieaudzēšana lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ar organiskām augsnēm:
 - zemes balles 0 - 25;
 - lauka platība ≤ 20 ha
2. lielogu dzērveņu plantāciju ierīkošana bijušajās kūdras ieguves vietās:
 - platība 20-100 ha
3. augsto zīleņu plantāciju ierīkošana bijušajās kūdras ieguves vietās:
 - platība > 100 ha
4. dabisko traucējumu bojātu mežaudžu mērķtiecīga atjaunošana.

Vispirms lietotājam ir jāizvēlas pirmais pasākums no pasākumu saraksta. Izvēloties pasākumu, lietotājs var vadīties ne tikai pēc pasākuma nosaukuma, bet arī pēc detalizēta apraksta, kas ietver pasākuma mērķi un pasākuma iespējamās realizācijas prasības zemes nogabaliem. Šis apraksts ir pieejams, uzspiežot uz "i" informācijas ikonas (skat. 8.att.). Pēc iepazīšanās, šo aprakstu lietotājs var aizvērt manuāli vai tas tiks aizvērts, uzspiežot uz cita pasākuma apraksta.



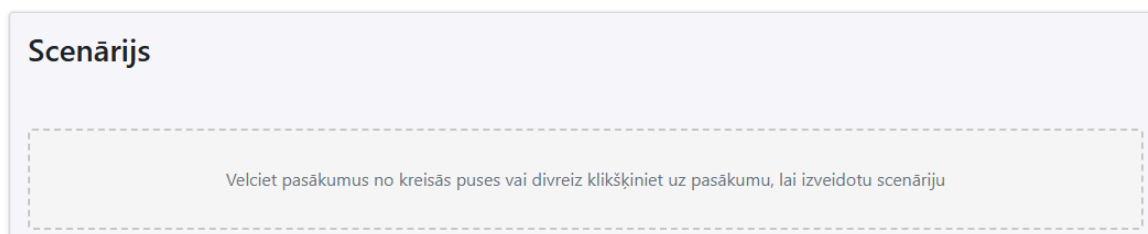
8.attēls. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka pasākuma apraksta informatīvais lodziņš

Lai pievienotu izvēlēto pasākumu, lietotājam ir jāvelk šī pasākuma panelis ar peli, nometot to scenāriju konteinerī, kā tas ir pārdēvēts 9. attēlā. Pastāv arī iespēja pievienot pasākumu, divreiz noklikšķinot uz tā.



9.attēls. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka pasākuma pārvilkšana uz scenārija bloku

Par abiem pasākuma pievienošanas veidiem lietotājs tiek informēts ar paziņojumu, kas tiek attēlots, kamēr scenārija konteineris ir tukšs (skat. 10.att.).



10.attēls. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka scenārija bloks sākumstāvoklī

Pēc pasākuma paneļa nomešanas scenāriju konteinerī vai, divreiz uzklikšķinot uz pasākumu, lietotāja saskarnē atvērās modālais logs ar pasākumu atlases kritēriju izvēlnēm. Šīs izvēlnes ir pasākumam pieejamo zemes nogabalu atlases kritēriju filtri. Apakšā virs pogas "Apstiprināt pasākumu" ir lauks "Izvēlēto lauku kopējā platība", kas sākumstāvoklī (kad modālais logs ir atvērts, bet filtru opcijas nav izvēlētas) informē lietotāju par to, cik liela ir izvēlētajam pasākumam atbilstoša zemes nogabalu kopējā platība, kas nav izmantota citiem pasākumiem (skat. 11.att.).

Atlases kritēriji

Saimnieciskās darbības ierobežojums:

Kultūraugu grupa:

Lauka platība:

Zemes kvalitātes balles:

Lauksaimniecības sistēma:

Novads:

Ainavzeme:

Izvēlēto lauku kopējā platība: 113747.9 ha

Apstiprināt pasākumu

11.attēls. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka atlases kritēriju modālais logs sākumstāvoklī

Apskatāmā piemērā lietotājs pasākumam “Meža ieaudzēšana lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ar organiskām augsnēm” pielieto sekojošus filtrus:

1. lauka platība lielāka vai vienāda ar 20 hektāriem;
2. zemes kvalitātes balles no 0 līdz 25.

Pēc katra filtra izvēles zemes nogabalu kopējā platība tiek atjaunota, informējot lietotāju par to, uz cik lielas teritorijas pasākums tiks modelēts (skat. 12.att.).

Atlases kritēriji

Saimnieciskās darbības ierobežojums:

Lauka platība:

Lauksaimniecības sistēma:

Novads:

Ainavzeme:

Izvēlēto lauku kopējā platība: 6029.3 ha

Apstiprināt pasākumu

Kultūraugu grupa:

Zemes kvalitātes balles:

0 - 5 x
5 - 10 x
10 - 15 x
15 - 20 x
20 - 25 x

12.attēls. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka atlases kritēriju modālais logs ar lietotāja filtriem

Lai scenārijam pievienotu pasākumu ar izvēlētajiem atlases kritērijiem, lietotājam ir jāuzklikšķina uz pogas “Apstiprināt pasākumu”. Aizvērt modālo logu bez pasākuma apstiprināšanas var, uzklikšķinot ārpus atlases kritēriju loga, bet šādā gadījumā izvēlnēs pielietotie filtri pasākumam netiks saglabāti.

Pēc pasākuma pievienošanas, tas tiks izdzēsts no saraksta pasākumu blokā un atspoguļots scenārija blokā. Scenārija bloks atspoguļo informāciju par pasākuma kategoriju, krāsas apzīmējumu, nosaukumu un kopējo platību. Nospiežot uz bultiņas, lietotājs var izvērst detalizētāku informāciju par pievienotajiem filtriem, kas tiek atspoguļota tabulas veidā (skat. 13.att.).

Scenārijs

MEŽĀ ZEME

■ **Dabisko traucējumu bojātu mežaudžu mērļtiecīga atjaunošana : 11789.3 ha**
Dzēst

LAUKSAIMNIECĪBAS ZEME

■ **Meža ieaudzēšana lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ar organiskām augsnēm : 6029.3 ha**
^ Dzēst

Augsnes veids:	Kūdraugsne
Platība:	<= 20 ha
Zemes kvalitātes balles:	0 - 5, 5 - 10, 10 - 15, 15 - 20, 20 - 25

■ **Lielogu dzērveņu plantāciju ierīkošana bijušajās kūdras ieguves vietās : 1815.7 ha**
∨ Dzēst

■ **Augsto zīleņu plantāciju ierīkošana bijušajās kūdras ieguves vietās : 13099.3 ha**
∨ Dzēst

13.attēls. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka pasākuma izvēršamais apraksts

Pēc pasākuma pievienošanas, kartes blokam tiek pievienota poga “Vizualizēt scenāriju” un atjaunots rezultātu bloks (skat. 14. att).

Karte

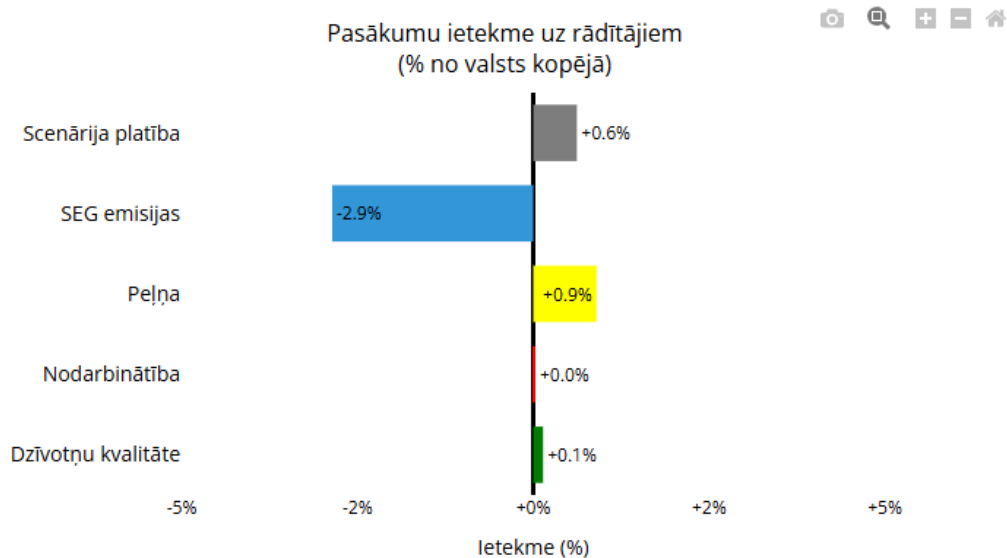
Vizualizēt scenāriju

14.attēls. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka kartes bloks pēc pasākumu pievienošanas

Scenārija ietekmes rādītāji ir atspoguļoti lietotāja saskarnes rezultātu blokā (skat. 15. att.).

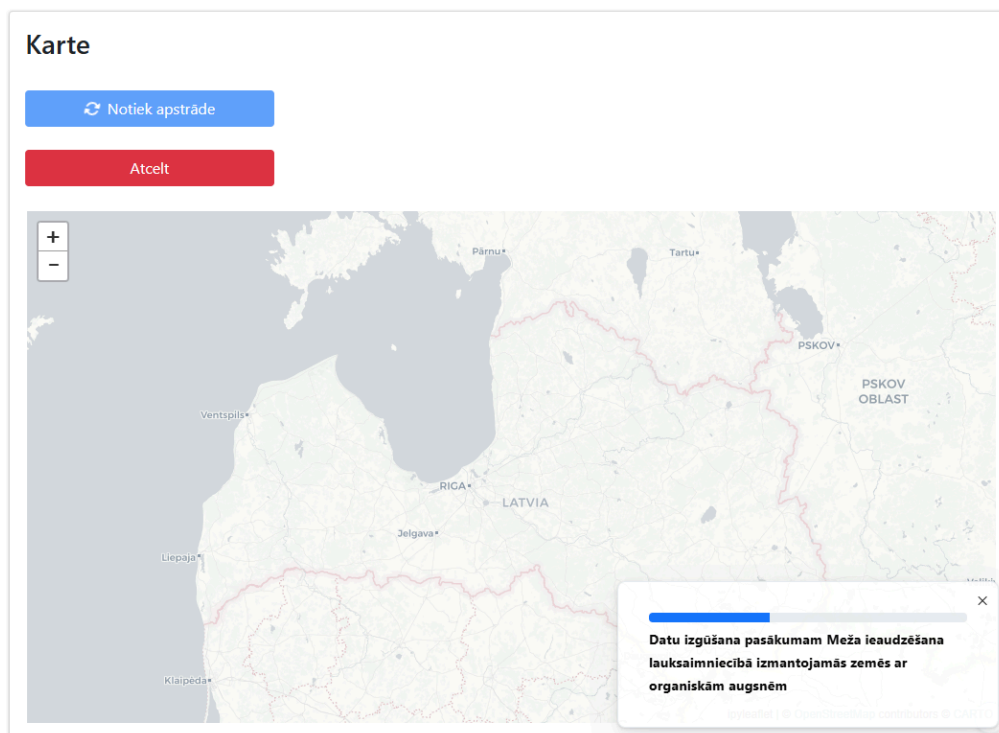
Rezultāti

Rādītājs	Mērvienība	Scenārija kopējais	Kopējais Latvija
Scenārija platība	tūkst. ha	32	5 275
Ietekme uz neto SEG emisijām ZIZIMM sektorā	t CO ₂ ha ⁻¹ gadā	-132 717	4 647 410
Ietekme uz peļņu	tūkst. EUR	7 171	797 000
Ietekme uz nodarbinātību	PLE	18	69 000
Ietekme uz dzīvotņu kvalitāti	tūkst. punktu	0	359



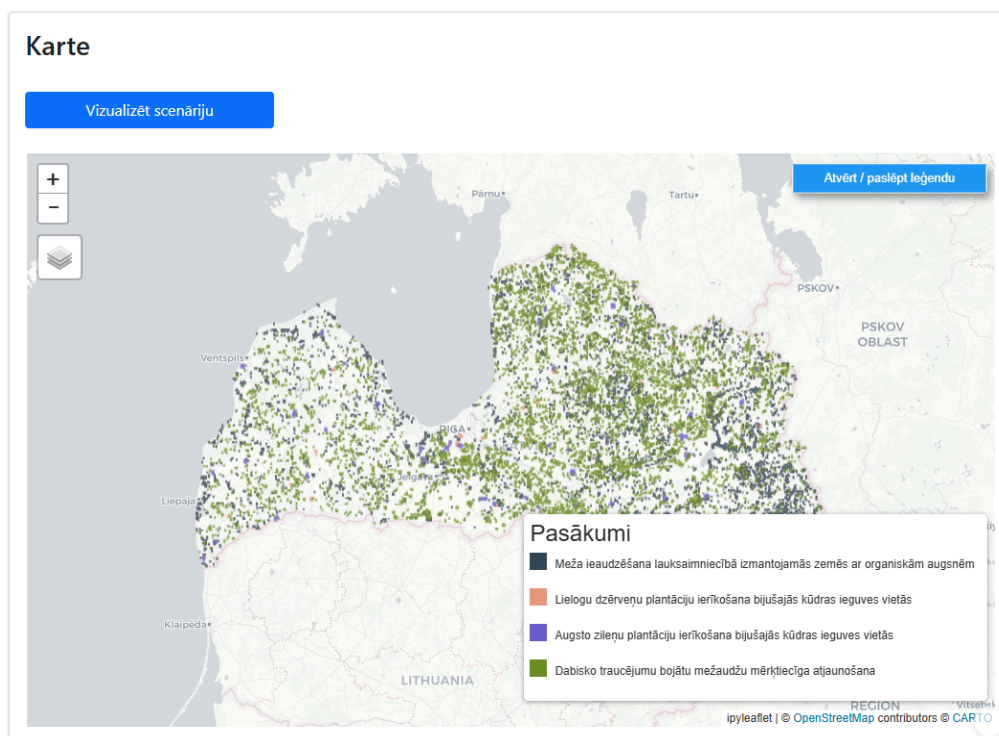
15.attēls. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka rezultātu bloks ar scenārija ietekmes aprēķinātiem rādītājiem

Lai atspoguļotu scenāriju uz interaktīvās kartes, lietotājam ir jānospiež poga “Vizualizēt scenāriju”. Katra pasākuma slāņa pievienošanas procesa posmā lietotājs tiek informēts par apstrādes stāvokli, atspoguļojot to ar progresu joslas palīdzību (skat. 16.att.). Procesu ir iespējams pārtraukt, uzklikšķinot uz pogas “Atcelt”. Pēc atcelšanas, vizualizēšanas process tiek apstādināts, un karte paliek esošajā stāvoklī līdz scenārijs tiek dzēsts.



16.attēls. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka kartes bloks ar vizualizēto scenāriju pilnekrāna atspoguļošanas režīmā

Vizualizēšanas procesa beigās uz kartes tiek attēloti visi scenārija pasākumi. Lietotājam ir iespēja apskatīt karti bloka ietvaros vai pilnekrāna režīmā. Lietotājam ir iespēja paslēpt leģendu, jo tā var būt apjomīga. Ir iespēja pārslēgt katra pasākuma slāņa redzamību, pietuvināt vai attālināt karti (skat. 17.att.).



17.attēls. ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka kartes bloks ar vizualizēto scenāriju pilnekrāna atspoguļošanas režīmā

4. ZIZIMM mērķu sasniegšanas scenāriju ietekmes novērtējums uz tautsaimniecību

Saskaņā ar projekta darba uzdevumu pēc Zemkopības ministrijas pieprasījuma tika veikts ietekmes uz tautsaimniecību novērtējums par ZIZIMM sektora mērķu sasniegšanas scenārijiem. Šī novērtējuma ietvaros Nacionālā enerģētikas un klimata plāna vajadzībām tika veikti aprēķini un sagatavota informācija par šādiem galvenajiem virzieniem:

1. lauksaimniecībā izmantojamās zemes salīdzinājums pēc peļņas, nodarbinātības, neto SEG emisijām, dzīvotņu kvalitātes un atbalsta;
2. ZIZIMM sektora pasākumu izmaksu efektivitātes noteikšana, analizējot to ieguldījumu SEG emisiju samazināšanā un ekonomiskajā atdevē;
3. mežu ciršanas apjoma pārskatīšana, izvērtējot iespējamās izmaiņas meža resursu izmantošanas intensitātē un to ietekmi uz tautsaimniecību.

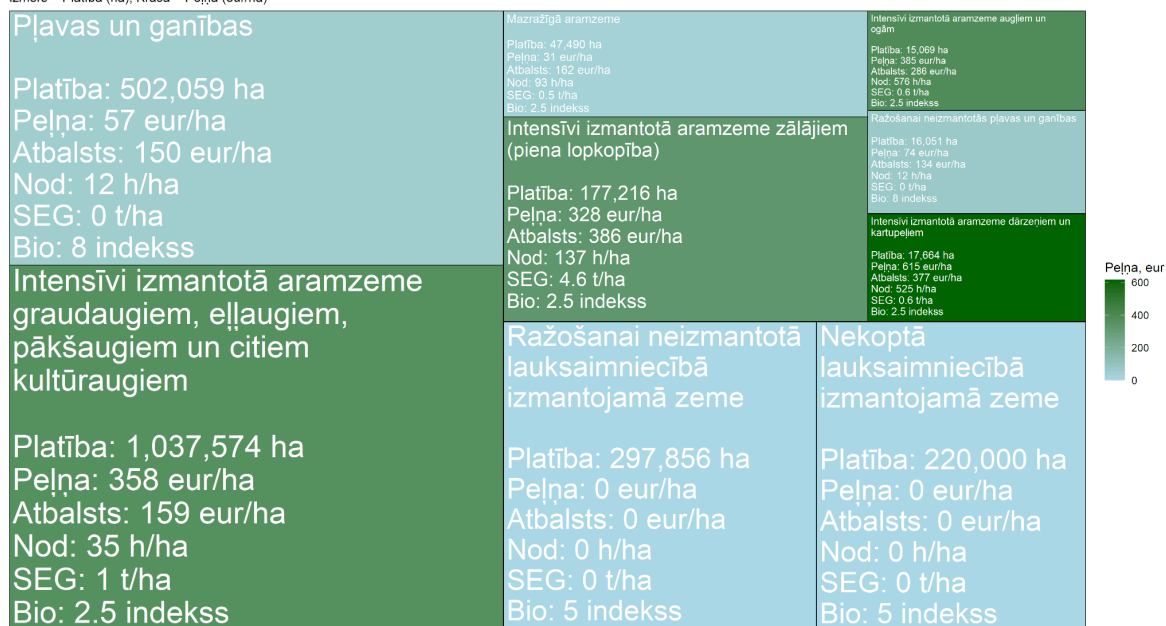
4.1. Lauksaimniecībā izmantojamās zemes salīdzinājums

Lauksaimniecībā izmantojamās zemes struktūrā lielāko daļu veido intensīvi izmantotā aramzeme, īpaši graudaugu, eļļaugu un pākšaugu audzēšanā (vairāk nekā 1 miljonu ha jeb ap 50% no kopējās platības). Liela nozīme ir arī pļavām un ganībām (ap 500 tūkst.ha), kas kalpo kā būtisks resurss lopkopībai un bioloģiskās daudzveidības uzturēšanai. Savukārt ražošanai neizmantotā un nekoptā zeme kopā veido vairāk nekā pusmiljonu hektāru, kas norāda uz ievērojamu potenciālu zemes izmantošanas efektivitātes uzlabošanai.

Vislielākie atbalsta maksājumi ir intensīvi izmantotajai aramzemei ar zālājiem (piena lopkopībā 386 eur/ha) un dārzeņu audzēšanai (377 eur/ha), kas atspoguļo šo nozaru augstāku prioritāti kopējā lauksaimniecības politikā. Mazražīgai aramzemei un pļavām atbalsta līmenis ir ievērojami zemāks (134–162 eur/ha), savukārt ražošanai neizmantotā un nekoptā zeme atbalstu nesaņem, kas parāda nepieciešamību pēc politikas, kas stimulē aktīvu un ilgtspējīgu zemes apsaimniekošanu.

Visaugstāko peļņu uz hektāru nodrošina intensīvi izmantotā aramzeme dārzeņu un kartupeļu audzēšanā (615 eur/ha) un augļu un ogu ražošanā (385 eur/ha) (skat. 18.att.). Lielākajā daļā gadījumu šīs kultūras prasa augstāku ieguldījumu un darbaspēka intensitāti, bet arī sniedz lielāku atdevi. Savukārt pļavu un ganību peļņa ir ievērojami zemāka (57–74 eur/ha), un neizmantotajām zemēm peļņa ir nulle. Šāda atšķirība ilustrē saimnieciskās darbības intensitātes un ekonomiskās efektivitātes saistību.

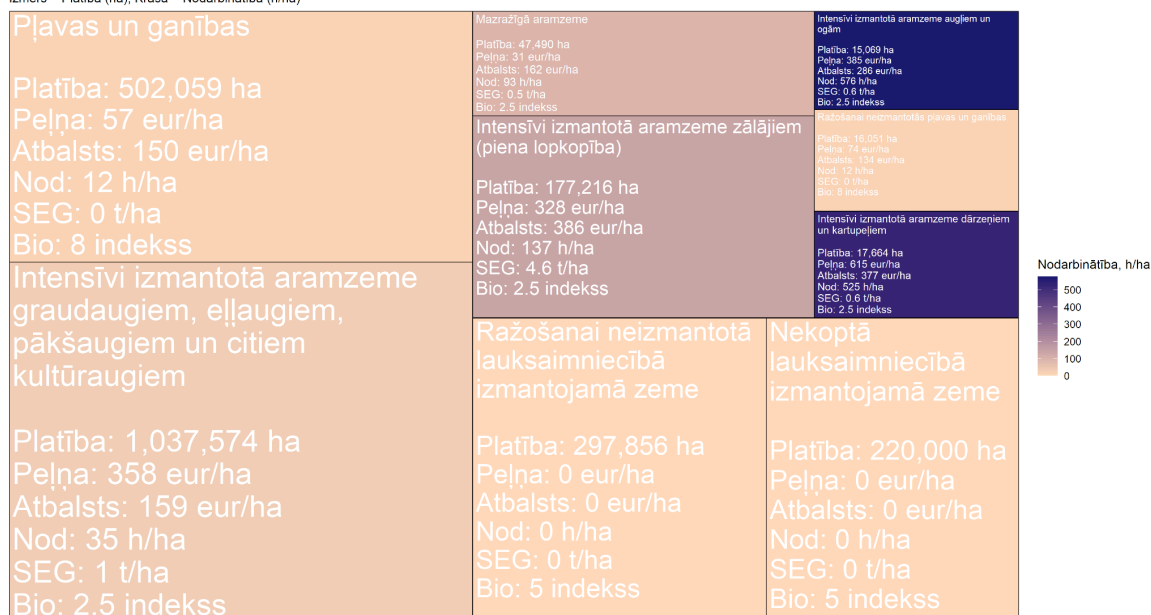
Lauksaimniecības zemju salīdzinājums
Izmērs = Platība (ha), Krāsa = Peļņa (eur/ha)



18.attēls. Peļņa no lauksaimniecības zemes (eur/ha) atkarībā no izmantošanas veida

Darbaspēka patēriņš būtiski atšķiras starp zemes izmantošanas veidiem. Intensīvi izmantotā aramzeme dārzeņu, augļu un ogu audzēšanai ir visdarbietilpīgākā (525–576 h/ha), kamēr graudaugu un eļļaugu audzēšanai nepieciešamas tikai 35 h/ha. Zālāju izmantošana piena lopkopībā ir vidēji intensīva (137 h/ha), savukārt plāvas, ganības un neizmantotā zeme nodarbinātību būtiski neveicina (skat. 19.att.). Šie dati norāda uz strauju nodarbinātības kritumu līdz ar zemes izmantošanas intensitātes samazināšanos.

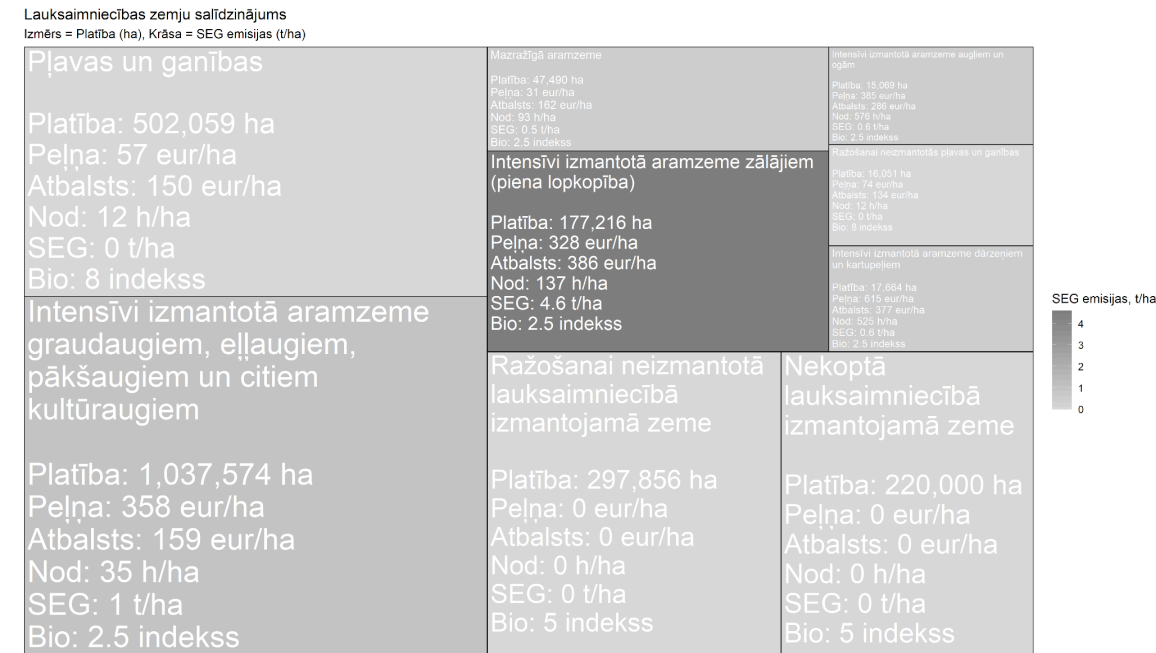
Lauksaimniecības zemju salīdzinājums
Izmērs = Platība (ha), Krāsa = Nodarbinātība (h/ha)



19.attēls. Nodarbinātība no lauksaimniecības zemes (h/ha) atkarībā no izmantošanas veida

SEG emisijas ir visaugstākās intensīvi izmantotajā aramzemē zālājiem (4.6 t CO₂ ekv./ha), kas saistīts ar lopkopības emisijām. Graudaugu un citu kultūraugu audzēšana rada

salīdzinoši mērenu emisiju līmeni (1 t CO₂ ekv./ha), bet pļavām, ganībām un neizmantotajai zemei emisijas praktiski nav konstatētas (skat. 20.att.). Tas parāda, ka emisiju intensitāte pieaug līdz ar ražošanas intensitāti un dzīvnieku skaita palielināšanos.



20.attēls. SEG emisijas no lauksaimniecības zemes (t CO₂ ekv./ha) atkarībā no izmantošanas veida

Augstākais bioloģiskās daudzveidības rādītājs ir pļavām un ganībām (8 punkti), kas nodrošina nozīmīgas dzīvotnes daudzām sugām. Ražošanai neizmantotā un nekoptā zeme arī saglabā augstu bioloģisko vērtību (5 punkti). Savukārt, intensīvi apsaimniekotā aramzeme, neatkarīgi no kultūrauga veida, sasniedz tikai 2.5 punktus, kas atspoguļo zemu biotopu kvalitāti un nelielu ekoloģisko funkciju daudzveidību.



21.attēls. Lauksaimniecības zemes dzīvotņu kvalitāte (indekss) atkarībā no izmantošanas veida

4.2. ZIZIMM sektora pasākumu izmaksu efektivitāte

ZIZIMM sektora pasākumu izmaksu efektivitātes noteikšanai tika izmantotas robežizmaksu SEG emisiju samazināšanas izmaksu līknes (*Marginal Abatement Cost Curve - MACC*). Tās ir uz datiem balstīts analītisks instruments, kas grafiski attēlo gan emisiju samazinājuma potenciālu, gan ar to saistītās izmaksas. MACC līknē vertikālā ass parāda CO₂ piesaistes izmaksas (milj.eur/t CO₂ ekv.). Tas nozīmē, ka vertikālā ass parāda, nepieciešamos līdzekļus, lai katrā konkrētajā pasākumā vai tehnoloģijā samazinātu vienu tonnu emisiju (eur / t CO₂ ekv.). Savukārt horizontālā ass parāda emisiju samazinājuma potenciāla apjomu (milj. t CO₂ ekv.), kas nozīmē, cik daudz miljonu tonnu CO₂ ekvivalenta var tikt piesaistīts, izmantojot noteiktus pasākumus.

MACC izvieto emisiju samazināšanas pasākumus pēc to robežizmaksām, sākot ar rentablākajām stratēģijām kreisajā pusē un pakāpeniski pārejot uz dārgākiem, sarežģītāk ieviešamiem risinājumiem labajā pusē. Izmaksu ziņā izdevīgi pasākumi ir tie pasākumi, kas ne tikai samazina emisijas, bet arī nodrošina finansiālu ietaupījumu, tādējādi radot pozitīvu ekonomisko efektu. Šie pasākumi līknē tiek attēloti kreisajā malā. Tālāk ir izmaksu ziņā neitrāli pasākumi, kas nerada papildu finansiālu slogu, jo to izmaksas ilgtermiņā sabalansējas, neizraisot ne zaudējumus, ne peļņu. Izmaksu ziņā efektīvi pasākumi ilgtermiņā ir izdevīgāka alternatīva, jo sākotnēji ieguldītie līdzekļi atmaksājas. Izmaksu ziņā apgrūtināši pasākumi līknē ir novietoti labajā malā, tie ļauj samazināt emisijas, bet to īstenošana ir salīdzinoši dārga un ne vienmēr ekonomiski izdevīga.

ZIZIMM pasākumu izmaksu efektivitāte tiek noteikta, izmantojot LVMI "Silava" un LBTU veiktos aprēķinus ZIZIMM sektora pasākumu ietekmes novērtējumam. CO₂ piesaistes izmaksas jeb SEG emisiju samazinājuma izmaksas ir aprites cikla finanšu plūsmas pašreizējās cenās (izmantojot nulles procentu diskonta likmi, bet arī nulles inflāciju) dalījums ar kopējo SEG emisiju samazinājumu ar aizstāšanas efektu. Šajā aprēķinā netiek piemērotas finanšu plūsmas pašreizējās neto vērtības samazināšanās, kas rodas no laika vērtības principa piemērošanas. Pasākuma pašreizējā neto vērtība veidojas no pasākuma papildus ieviešanas izmaksām un tīrā ietaupījuma, kas rodas pasākuma ieviešanas rezultātā. ZIZIMM sektora pasākumiem SEG emisiju samazināšanai ir jāņem vērā, ka investīcijām pasākumu ieviešanai ir atšķirīgs atmaksāšanās periods saistībā ar dažādu koku sugu atšķirīgo dzīves cikla garumu, salīdzinot ar pasākumiem SEG emisiju samazināšanai citos sektoros. ZIZIMM sektora pasākumu CO₂ piesaistes izmaksas aprites ciklā ir apkopotas 5. tabulā. Neproduktīvo audžu nomaiņa, kokaugu grupas ganībās (0.09 ha uz 1 ha ganību) un mazāk vērtīgo lauksaimniecībā izmantojamo zemju mērķtiecīga apmežošana ir tie pasākumi, kuri izmaksu ziņā ir visizdevīgākie.

5. tabula

ZIZIMM sektora pasākumi SEG emisiju mazināšanai un oglekļa piesaistei

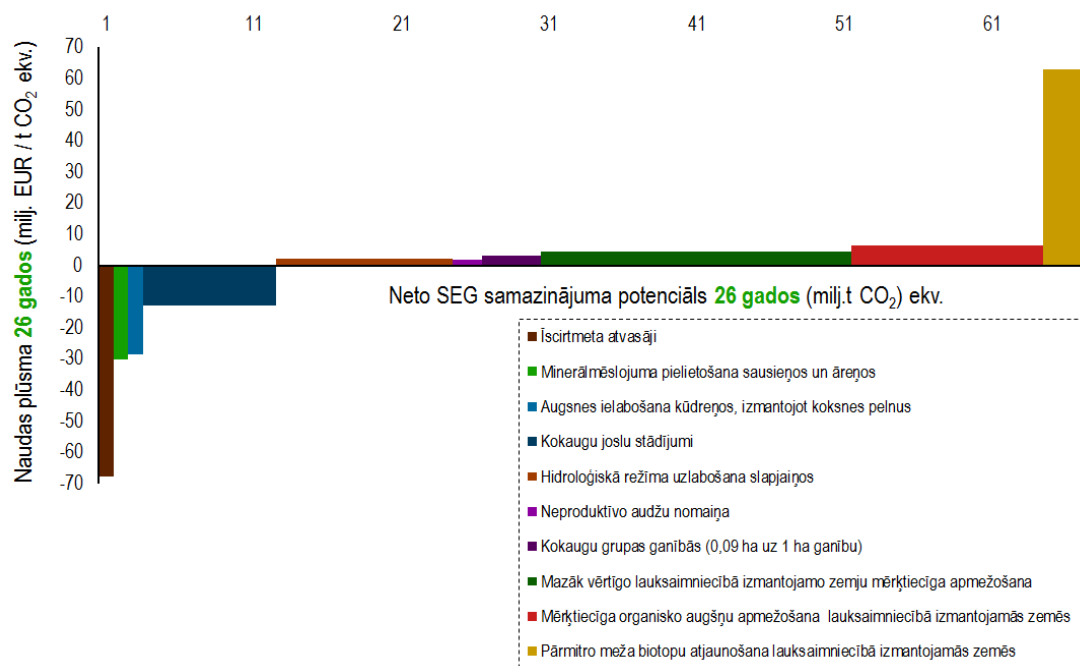
Nr.	Nosaukums	Aprites cikls, gadi	CO ₂ piesaistes izmaksas cikls, EUR/t CO ₂	CO ₂ piesaistes potenciāls 2050, milj. t CO ₂ ekv. (26 gadi)	Investīciju nepieciešamība uz 1 hektāru, tūkst. EUR
1	Meža augsnes ielabošana ar slāpekļa minerālmēslojumu (minerālmēslu pielietošana sausienos un āreņos)	120	-2.3	8.45	0.333

Nr.	Nosaukums	Aprites cikls, gadi	CO ₂ piesaistes izmaksas cikls, EUR/t CO ₂	CO ₂ piesaistes potenciāls 2050, milj. t CO ₂ ekv. (26 gadi)	Investīciju nepieciešamība uz 1 hektāru, tūkst. EUR
2	Meža augsnes ielabošana ar koksnes pelniem (koksnes pelnu pielietošana kūdreņos)	120	-7	2.8	0.139
3	Hidroloģiskā režīma uzlabošana slapjajņos	60	-10	15.17	1.500
4	Neproduktīvo audžu nomaiņa	60	-102	8.67	2.400
5	Pārslāpināšana – pārslāpinātu organisko augšņu apmežošanas lauksaimniecībā izmantojamās zemēs	60	-28	12.13	6.475
6	Mērķtiecīga organisko augšņu apmežošanas meliorētās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs	60	-24	65	2.475
7	Mazāk vērtīgo lauksaimniecībā izmantojamo zemju mērķtiecīga apmežošanas	60	-34	99	2.480
8	Kokaugu joslu stādījumi gar meliorācijas sistēmām	30	-19	30.33	1.727
9	Kārklū plantācijas notekūdeņu dūņu izmantošanai	25	-30	6.24	2.733
10	Kokaugu grupas ganībās (0,09 ha uz 1 ha ganību)	60	-37	3.9	0.246

**negatīva vērtība nozīmē, ka ieņēmumi visā aprites ciklā pārsniedz izdevumus*

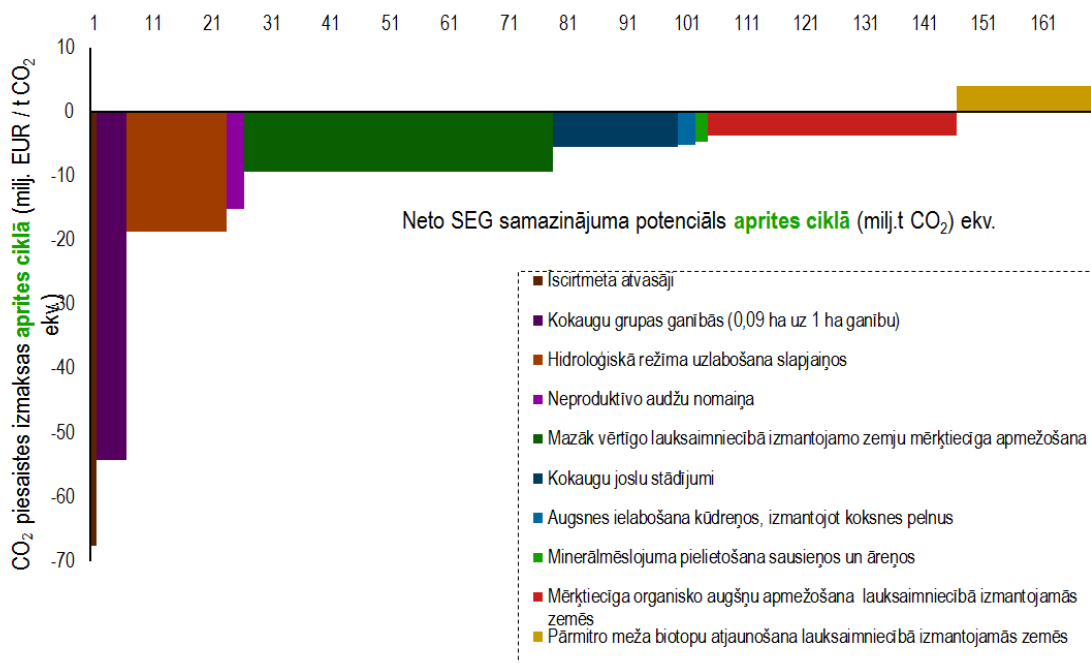
CO₂ piesaistes potenciāls tiek noteikts 2050. gadam, izmantojot LVMI "Silava" un LBTU veiktos aprēķinus ZIZIMM sektora pasākumu ietekmes novērtējumam. CO₂ piesaistes potenciāls tiek noteikts visās oglekļa krātuvēs: dzīvā un nedzīvā biomasa, augsne, zemsega un koksnes produkti, un aizstāšanas efektu enerģētikas sektorā. Mazāk vērtīgo lauksaimniecībā izmantojamo zemju mērķtiecīga apmežošanas, mērķtiecīga organisko augšņu apmežošanas meliorētās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs un kokaugu joslu stādījumi gar meliorācijas sistēmām ir tie pasākumi, kuru CO₂ piesaistes potenciāls ir vislielākais.

MACC līknes, kas grafiski attēlo emisiju samazināšanas pasākumu CO₂ piesaistes izmaksas un neto SEG samazinājuma potenciālu, ir attēlotas 22. un 23. attēlos. CO₂ piesaistes izmaksas un neto SEG samazinājuma potenciāls uz 2050. gadu ir attēlots 22.attēlā. Vairākiem ZIZIMM sektora pasākumiem ir negatīvas robežizmaksas, kas nozīmē, ka to īstenošana ne tikai samazina neto SEG emisijas, bet arī sniedz ekonomisku ieguvumu. Lielākā SEG samazinājuma daļa ir sasniedzama ar relatīvi zemām vai negatīvām izmaksām, kas norāda uz ievērojamu emisiju mazināšanas potenciālu bez būtiskas slodzes tautsaimniecībai. Tas nozīmē, ka pareizi secīgi ieviešot izmaksu ziņā efektīvākos pasākumus, iespējams sasniegt būtisku neto SEG emisiju samazinājumu, vienlaikus saglabājot vai pat uzlabojot ekonomisko atdevi.



22. attēls. ZIZIMM sektora pasākumu MACC līkne 2050. gadam

CO₂ piesaistes izmaksas un neto SEG samazinājuma potenciāls aprites ciklā ir attēlots 23.attēlā.



23. attēls. ZIZIMM sektora pasākumu MACC līkne aprites ciklam

ZIZIMM sektora pasākumu, kas vērsti uz SEG emisiju mazināšanu un oglekļa piesaistes palielināšanu, īstenošanai ir būtiska investīciju piesaiste. Šīs investīcijas nodrošina nepieciešamo resursu, infrastruktūras un tehnoloģisko risinājumu pieejamību, kas sekmē

plānoto rezultātu sasniegšanu. Pat situācijās, kurās pasākuma īstenošana šķiet ekonomiski izdevīga, tas ne vienmēr garantē tā realizāciju. Pirmkārt, investīciju veikšanai ir vajadzīgi līdzekļi. Ne visiem ir šādi līdzekļi un ne visi ir gatavi uzņemties kredītsaistības. Otrkārt, vecāka gada gājuma zemes īpašnieki var nebūt motivēti īstenot pasākumus ar atdevi ilgtermiņā. Šādās situācijās ir nepieciešami papildu stimulējoši mehānismi, kas veicina iesaisti un palīdz pārvarēt individuālos šķēršļus ilgtermiņa lēmumu pieņemšanā.

Oglekļa piesaistes sertifikācijas shēmas var kalpot kā efektīvs motivācijas instruments zemes īpašniekiem. Sertifikācijas shēmās samaksa par oglekļa piesaisti visbiežāk tiek veikta vienu reizi gadā, un tās var sekmēt lēmumu pieņemšanu par šādu pasākumu ieviešanu: neproduktīvo audžu nomaiņa, pārslapinātu organisko augšņu apmežošanas lauksaimniecībā izmantojamās zemēs, mazāk vērtīgo lauksaimniecībā izmantojamo zemju mērķtiecīga apmežošana, kokaugu joslu stādījumi gar meliorācijas sistēmām un koku grupas ganībās (0.09 ha uz 1 ha ganību). Būtiska loma pasākumu īstenošanā ir privātā sektora investīcijām, kas var veicināt SEG emisiju samazināšanu un oglekļa piesaisti šādos ZIZIMM sektora pasākumos: meža augsnes ielabošana ar slāpekļa minerālmēslojumu (minerālmēslu pielietošana sausieņos un āreņos), meža augsnes ielabošana ar koksnes pelniem (koksnes pelnu pielietošana kūdreņos), hidroloģiskā režīma uzlabošana slapjajņos, mērķtiecīga organisko augšņu apmežošana meliorētās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs, kārkļu plantācijas notekūdeņu dūņu izmantošanai. Daudzgaļu budžeta ietvaros ir jāparedz finansējums šādiem pasākumiem: neproduktīvo audžu nomaiņa, mērķtiecīga organisko augšņu apmežošana meliorētās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs, mazāk vērtīgo lauksaimniecībā izmantojamo zemju mērķtiecīga apmežošana, kokaugu joslu stādījumi gar meliorācijas sistēmām.

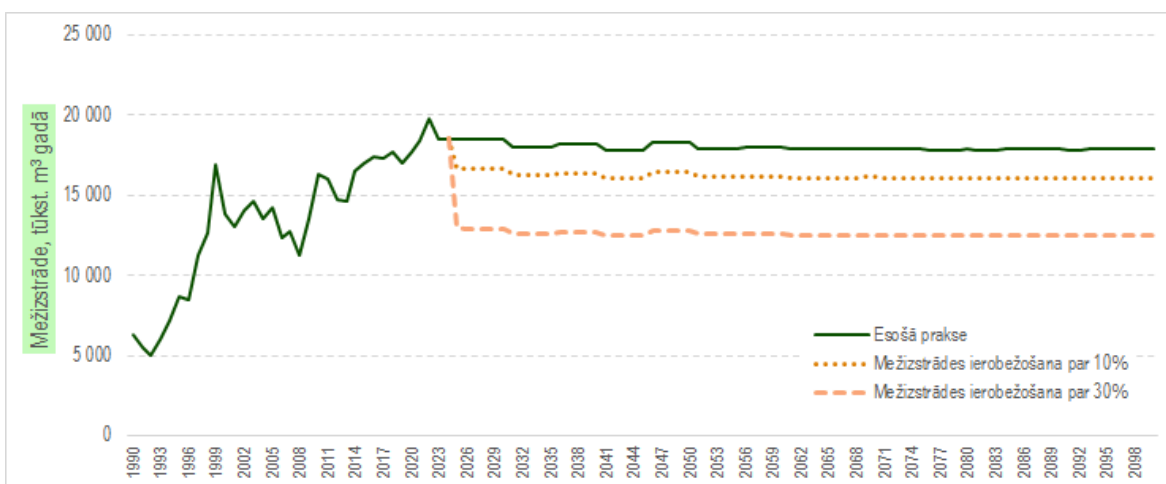
4.3. Mežizstrādes apjomu pārskatīšanas ietekme

4.3.1. Mežizstrādes prognozes samazināšana

Mežizstrādes apjoma samazināšanai ir ietekme uz SEG emisijām ZIZIMM sektorā, tāpēc šajā novērtējumā ir veikta analīze par mežizstrādes ierobežošanas ietekmi uz neto SEG emisiju apmēru, ekonomiku un meža nozari kopumā.

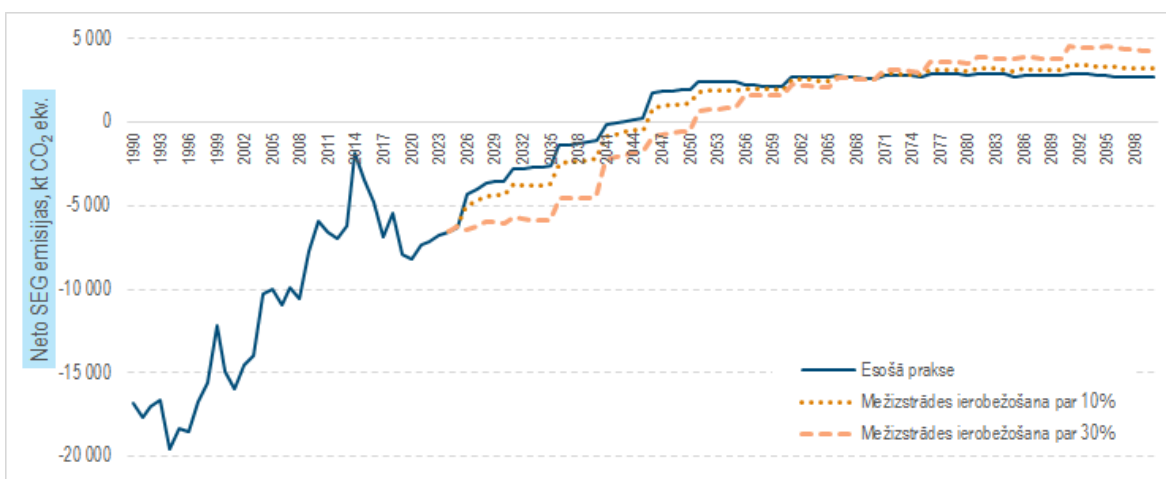
Mežizstrādes ierobežošanas ietekme ir atkarīga no ierobežojumu mēroga, kas nozīmē, ka, jo lielāki ir mežizstrādes apjoma samazinājumi, jo lielāka ir ietekme. Aprēķinu vajadzībām ir pieņemts, ka kopsakarība starp mežizstrādes ierobežošanas mērogu un ietekmi ir lineāra. Lai veiktu ietekmes analīzi, ir izvēlēti divi scenāriji: mežizstrādes apjomu samazināšana par 10% un par 30%, sākot ar 2025. gadu. Tomēr iespējamie mežizstrādes apjoma samazināšanas scenāriji varētu būt vairāki gan pēc to mēroga, gan pēc samazinājumu ieviešanas laika grafika (uzreiz vai pakāpeniski).

Šajā novērtējumā par bāzes scenāriju ir pieņemts mežizstrādes apjoms, kas atbilst pēdējo gadu mežizstrādes līmenim (24. attēlā zaļā līnija, sākot ar 2025. gadu), un mežizstrādes samazinājums ir analizēts, attiecinot to pret bāzes līmeni (24. attēlā oranžās līnijas, sākot ar 2025. gadu).



24.attēls. Mežizstrādes apjomu prognozēšana (esošā prakse un mežizstrādes ierobežošana par 10% un 30%)

Novērtējumā pieņemtajiem mežizstrādes apjoma ierobežojumiem ir prognozējama vērā ņemama ietekme uz neto SEG emisijām ZIZIMM sektorā laika periodā līdz 2050. gadam (skat. 25. att.).



25.attēls. Neto SEG emisijas ZIZIMM sektorā (esošā prakse un mežizstrādes ierobežošana par 10% un 30%)

Svarīgi atzīmēt, ka šīs ietekmes izmaiņas ir dinamiskas. Ikgadējais neto SEG emisiju samazinājums 30% apmērā ZIZIMM sektorā 2030. gadā veidos aptuveni 2600 kt CO₂ ekvivalentā. Kopumā var prognozēt, ka aprēķinos pieņemtā mežizstrādes apjoma 30% ierobežošanas radītais SEG emisiju samazinājums būs noturīgs vidējā termiņā un 2050. gadā nodrošinās neto SEG emisiju samazinājumu ZIZIMM sektorā aptuveni 2490 kt CO₂ ekv. apmērā.

Mežizstrādes apjomu samazinājums par 10% attiecīgi ļautu panākt ikgadējo neto SEG emisiju samazinājumu ZIZIMM sektorā 2030. gadā 867 kt CO₂ ekv. apmērā un 2050. gadā 830 kt CO₂ ekv. apmērā. Tomēr pēc 2050. gada mežizstrādes ierobežošanas pozitīvā ietekme uz SEG emisiju apjomu strauji samazināsies, un 2070. gadā ikgadējais SEG emisiju ietaupījums būs ap nulli un nākamajos gados ikgadējās neto SEG emisijas palielināsies. Ilgtermiņā, rēķinot kumulatīvi uz 105 meža dzīves cikla gadiem, mežizstrādes

apjoma ierobežošanas gan par 30%, gan par 10% pozitīvā ietekme SEG emisiju apjoma samazināšanā nav prognozējama.

Tas nozīmē, ka 105 gadu griezumā abu scenāriju (esošā prakse un mežizstrādes ierobežošana par 30% un par 10%) gadījumā kopējās uzkrātās neto SEG emisijas būs vienādas. Tātad šis pasākums var palīdzēt sasniegt īstermiņa un vidēja termiņa politiskos mērķus, bet ilgtermiņā to nevar uzskatīt par ilgtspējīgu neto SEG emisiju samazināšanas risinājumu.

Tajā pašā laikā analizētajiem mežizstrādes apjoma ierobežojumiem būs vērā ņemama negatīva sociālekonomiskā ietekme. Latvijas mežizstrādes sektora pievienotā vērtība veido aptuveni 860 milj. EUR gadā (Eurostat, 2023) un sektorā ir nodarbinātas 13 tūkst. personas (Eurostat, 2022a), bet kokapstrādes sektora pievienotā vērtība veido ap 1300 milj. EUR gadā (Eurostat, 2022b), nodrošinot darbavietas aptuveni 30 tūkst. personu (Eurostat, 2022c). Pie tam ir jāņem vērā, ka liela daļa no pievienotās vērtības un nodarbinātības gan mežizstrādes, gan kokapstrādes sektoros (īpaši pirmapstrāde) veidojas reģionos.

Meža nozares eksports 2023. gadā veidoja 3,5 miljrd. EUR (CSP, 2023a) no kopējā Latvijas 19 miljrd. EUR eksporta apjoma. Saskaņā ar CSP datiem (CSP, 2023b), kokapstrādes eksports 100 EUR vērtībā veicina importu 25 EUR vērtībā. Tas nozīmē, ka meža nozares neto eksports ir 2,6 miljrd. EUR.

Pamatojoties uz apkopotajiem statistikas datiem, tikai tiešā ietekme no mežizstrādes apjoma samazināšanas par 30% būs 720 milj. EUR pievienotās vērtības un 14 tūkst. darbavietu, kas attiecīgi veido 2,1% no IKP un 1,6% no kopējās nodarbinātības. Savukārt 10% samazinājuma gadījumā tiešā ietekme no mežizstrādes apjoma samazināšanas veidos 240 milj. EUR un ap 4,3 tūkst. darbavietu, kas attiecīgi veido 0,7% no IKP un 0,5% no kopējās nodarbinātības.

Ņemot vērā, ka meža nozare ir eksportējoša nozare, papildus tam veidosies arī netiešā eksporta multiplikatīvā ietekme tautsaimniecībā. Šobrīd eksporta multiplikatora vērtība meža nozarei Latvijā nav noteikta, tomēr, veicot piesardzīgu pieņēmumu, ka šī multiplikatora vērtība ir 1, faktiskā ietekme tautsaimniecībā varētu būt divas reizes lielāka par aprēķināto tiešo ietekmi.

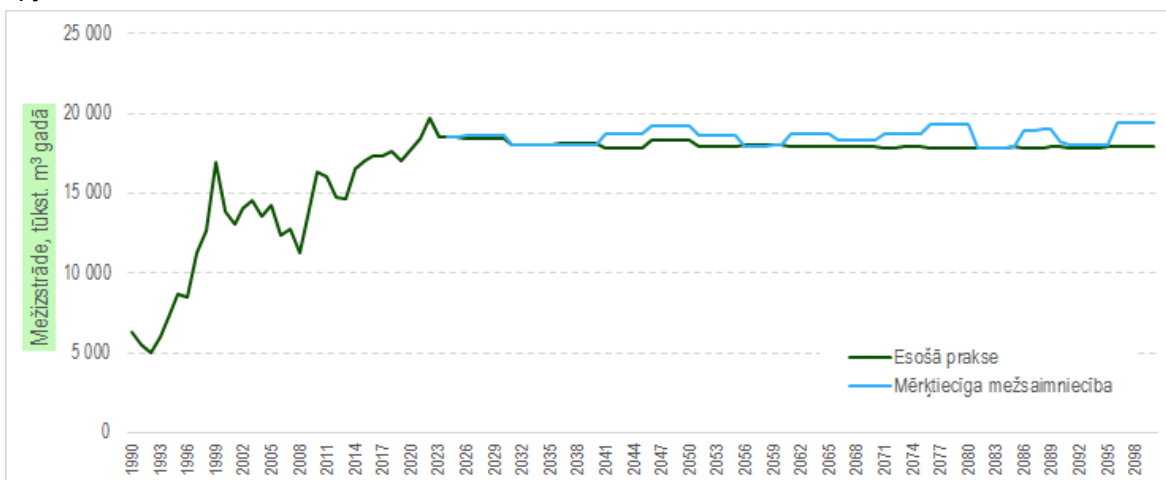
Ja ietekme tautsaimniecībā būs jūtama, tad meža nozares piedzīvos arī lokālu cenu šoku. Latvijas kokapstrādes sektora izlaide ļoti lielā mērā ir atkarīga no vietējā mežizstrādes apjoma, īpaši pašreizējos apstākļos, kad koksnes izejvielu iegāde no austrumu kaimiņvalstīm ir faktiski pārtraukta. Ņemot vērā koksnes resursu deficītu, sākotnēji koksnes cenas strauji palielināsies, ietekmējot gan ikvienu kokapstrādes uzņēmumu, gan nozares konkurētspēju kopumā. Tā kā kokapstrādes nozare darbojas starptautiskās konkurences apstākļos, šis šoks skars katru kokapstrādes nozares uzņēmumu un izraisīs daudzu uzņēmumu bankrotu. Netiešā ietekme izplatīsies arī uz citām nozarēm (īpaši būvniecību), radot piegādes traucējumus un paaugstinot cenas.

4.3.2. Mērķtiecīga mežsaimniecība

Mežizstrādes apjoma ierobežošana nenodrošina ilgtspējīgu un noturīgu ietekmi neto SEG emisiju samazināšanā, vienlaicīgi radot būtisku negatīvu ietekmi tautsaimniecībā.

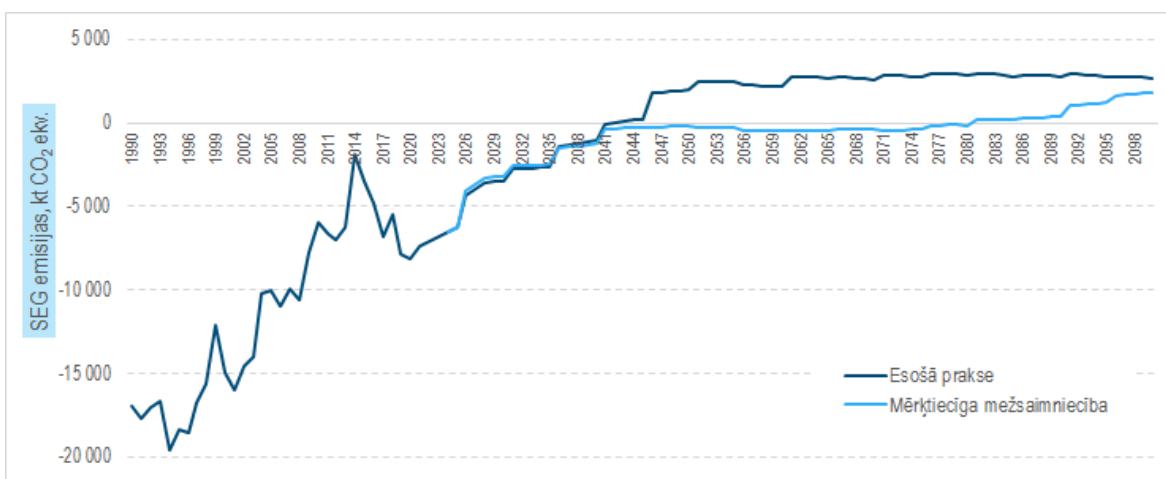
Ilgtermiņa pozitīvu ietekmi neto SEG emisiju samazināšanā nodrošina mērķtiecīgās mežsaimniecības pasākumi. Lai gan šo pasākumu ieviešanas rezultātā vidējā termiņā ir

prognozējams neliels mežizstrādes apjomu palielinājums (skat. 26. att.), tomēr ilgtermiņā šādu pasākumu ieviešana nodrošina pozitīvu un noturīgu ietekmi uz neto SEG emisiju apjomu.



26.attēls. Mežizstrādes apjomi (esošā prakse un mērķtiecīgās mežsaimniecības scenārijs)

Mērķtiecīgas mežsaimniecības gadījumā neto SEG emisijas 2030. gadā būs praktiski vienā līmenī ar bāzes scenāriju, bet 2050. gadā tiks panākts neto SEG emisiju samazinājums ZIZIMM sektorā par aptuveni 2130 kt CO₂ ekvivalentā (skat. 27.att.).



27.attēls. Neto SEG emisijas ZIZIMM sektorā (esošā prakse un mērķtiecīgās mežsaimniecības scenārijs)

Mērķtiecīgās mežsaimniecības scenārija ieviešanas gadījumā negatīva ietekme uz nozari un līdz ar to arī tautsaimniecībā kopumā nav prognozējama. Pretēji mežizstrādes apjoma ierobežošanas scenārijiem, mērķtiecīgās mežsaimniecības pasākumu ieviešana ilgtermiņā nodrošinās nelielu pozitīvu ietekmi nozares attīstībā.

5. Nākotnes pētījumu virzieni

ZIZIMM lēmumu atbalsta rīka izstrāde ir izgaismojusi vairākus nozīmīgus ierobežojumus, kas ietekmē tā pašreizējo veikspēju, lietojamību un plašāku pielietojumu. Būtisks izaicinājums ir saistīts ar apjomīgu datu priekšapstrādi, kas nepieciešama, lai sagatavotu un integrētu datus no dažādiem avotiem. Atšķirības datu telpiskajā izšķirtspējā, struktūrā, formātos un laika griezumos palielina darba apjomu datu atjaunošanas laikā un prasa rūpīgu harmonizāciju, integrējot jaunu informāciju. Šādi izaicinājumi ir raksturīgi lēmumu atbalsta sistēmām, kas apvieno heterogēnus telpiskos datus (Putrama and Martinek, 2024), un tie neietekmē rīka pamatfunkcionalitāti, bet norāda uz nepieciešamību nākotnē pilnveidot datu pārvaldības procesus. Pašreizējā versija ir izstrādāta un testēta, izmantojot Latvijas datus, līdz ar to tās tieša izmantošana citos reģionos prasa pielāgošanu vietējiem datu avotiem, SEG uzskaites metodikām un politikas prioritātēm. Lai nodrošinātu rīka efektīvu darbību citos ģeogrāfiskos kontekstos, nepieciešama detalizēta un uzticama telpiskā informācija par zemes izmantošanu, augsnes un meža resursiem, kā arī lokāli noteikti rādītāji par rentabilitāti, nodarbinātību un biotopu kvalitāti. Šāda informācija nodrošina iespēju kalibrēt rīka aprēķinu moduljus atbilstoši konkrētā reģiona datu struktūrai un politikas ietvariem, tādējādi saglabājot saskaņotību ar nacionālajām klimata stratēģijām un nodrošinot salīdzināmus rezultātus starptautiskā līmenī.

Vēl viens nozīmīgs tehnisks ierobežojums ir saistīts ar rīka mērogojamību. Līdzīgi kā daudzās lietotnēs, kas izstrādātas, izmantojot R Shiny un Shiny for Python, arī šajā gadījumā, apstrādājot lielus telpisko datu apjomus vai apkalpojot vairākus lietotājus vienlaikus, rodas veikspējas problēmas. Viena no perspektīvām šo izaicinājumu risināšanai ir Mapbox GL JS integrācija, kas ir atvērtā pirmkoda JavaScript bibliotēka, kas paredzēta vektoru karšu klienta puses vizualizācijai tīmekļa pārlūkprogrammās. Šī pieeja ļauj izstrādāt dinamiskas, augstas veikspējas karšu saskarnes, kas spēj efektīvi vizualizēt lielus un sarežģītus telpiskos datu kopumus. Izmantojot lietotāja grafiskā procesora jaudu karšu renderēšanai, Mapbox GL JS būtiski uzlabo vizualizācijas kvalitāti un reakcijas ātrumu, vienlaikus samazinot noslodzi servera pusē. Šī pieeja tieši risina mērogojamības ierobežojumus, kas raksturīgi lēmumu atbalsta sistēmām, un ir atzīta par labu praksi līdzīgās sistēmās (Lacroix et al., 2019).

Turpmākā rīka attīstība būtu jāvērs uz lietojamības un datu apstrādes efektivitātes uzlabošanu. Viena no būtiskākajām prioritātēm ir automatizētu datu integrācijas procesu izstrāde, iekļaujot funkcionalitāti datu priekšapstrādei un papildināšanai ar mainīgajiem lielumiem no dažādiem avotiem. Šāds risinājums samazinātu datu standartizācijas slogu un ļautu sistēmai ātrāk reaģēt uz jaunākajiem datiem un papildinājumiem. Tāpat nepieciešami uzlabojumi lietotāja saskarnē, padarot platformu intuitīvāku un vizuāli pieejamāku, piemēram, paplašinot filtru izvēles iespējas precīzākai scenāriju konfigurēšanai. Scenāriju pārvaldības funkcionalitāte arī prasa pilnveidošanu, jo pašreizējā versijā lietotāji var pievienot vai noņemt pasākumus scenārijā, taču nevar mainīt izvēles kritērijus jau iekļautajiem pasākumiem. Iespēja rediģēt izvēles kritērijus un nodrošināt lielāku elastību lietotāju definētajās konfigurācijās ir viena no prioritātēm nākamajai izstrādes versijai.

Izmantotā literatūra

1. Amelung, W., Bossio, D., de Vries, W., Kögel-Knabner, I., Lehmann, J., Amundson, R., et al. (2020). Towards a global-scale soil climate mitigation strategy. *Nature communications*, 11(1), 5427.
2. Bilande, K.; Zeglova, K.; Donis, J.; Nipers, A. (2025). Assessing Landscape-Level Biodiversity Under Policy Scenarios: Integrating Spatial and Land Use Data. *Earth* 6, 136. <https://doi.org/10.3390/earth6040136>
3. Blower, J. D., Gemmell, A. L., Griffiths, G. H., Haines, K., Santokhee, A., & Yang, X. (2013). A Web Map Service implementation for the visualization of multidimensional gridded environmental data. *Environmental Modelling & Software*, 47, 218–224. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.04.002>
4. Bossio, D.A., Cook-Patton, S.C., Ellis, P.W. et al. (2020). The role of soil carbon in natural climate solutions. *Nat Sustain* 3, 391–398. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0491-z>
5. Chorshanbiyev, F., Abdullayev, O., Khalilova, K., Kodirova, K., Xalimjanov, A., Rakhimov, U., Rakhimov, J. (2024). Study on species and age structure of forests: Optimization of forest stand completeness. *E3S Web of Conferences*, 497, Article 03015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449703015>
6. CSP. (2023a). Eksports un imports pa valstīm, valstu grupām un teritorijām (KN 2 zīmēs) [ATD020], CN 44, 45, 47, 48, 94
7. CSP. (2023b). Eksporta un importa struktūra atbilstoši uzņēmumu darbības veidam (NACE 2. red.) [ATN010c]; dati par 2023. gadu
8. EC. (2019). The European Green Deal (COM(2019) 640 final). Brussels: European Commission. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0640>
9. Eurostat. (2022a). Employment by detailed industry [nama_10_a64_e], Nace A02
10. Eurostat. (2022b). Gross value added and income by detailed industry [nama_10_a64], Nace C16, C16 un daļēji C31
11. Eurostat. (2022c). Employment by detailed industry [nama_10_a64_e], Nace C16, C16 un daļēji C31; dati par 2022. gadu
12. Eurostat. (2023). Gross value added and income by detailed industry [nama_10_a64], Nace A02
13. Hammond, E. B., Coulon, F., Hallett, S. H., Thomas, R., Hardy, D., Kingdon, A., & Beriro, D. J. (2021). A critical review of decision support systems for brownfield redevelopment. *Science of the Total Environment*, 785, 147132.
14. Handegard, E., Gjerde, I., Halvorsen, R., Lewis, R., Storaunet, K. O., Sætersdal, M., & Skarpaas, O. (2024). How important is forest age in explaining the species composition of near-natural spruce forests? *Forest Ecology and Management*, 569, Article 122170. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122170>
15. Hurtt, G. C., Chini, L., Sahajpal, R., Frolking, S., Bodirsky, B. L., Calvin, K., ... & Zhang, X. (2020). Harmonization of global land-use change and management for the period 850–2100 (LUH2) for CMIP6. *Geoscientific Model Development Discussions*, 2020, 1-65.
16. Lacroix, P., Moser, F., Benvenuti, A., Piller, T., Jensen, D., Petersen, I., Planque, M., & Ray, N. (2019). MapX: An open geospatial platform to manage, analyze and visualize data on natural resources and the environment. *SoftwareX*, 9, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2019.01.002>

17. Lacroix, P., Moser, F., Benvenuti, A., Piller, T., Jensen, D., Petersen, I., Planque, M., & Ray, N. (2019). MapX: An open geospatial platform to manage, analyze and visualize data on natural resources and the environment. *SoftwareX*, 9, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2019.01.002>
18. LandLat4Pol. (2022). Valsts pētījumu programmas projekta "Ilgtspējīga zemes resursu un ainavu pārvaldība: izaicinājumu novērtējums, metodoloģiskie risinājumi un priekšlikumi (LandLat4Pol)" Nr. VPP-VARAM-ITAZRI-2020/1-0002 WP2 aktivitātes "Zemes resursu izmantošanas efektivitātes novērtēšanas" ziņojuma projekts (2.novērtējums) "Ziņojums par alternatīvo scenāriju modelēšanu un novērtēšanu".
19. Manna, P., Bonfante, A., Colandrea, M., Di Vaio, C., Langella, G., Marotta, L., ... & Basile, A. (2020). A geospatial decision support system to assist olive growing at the landscape scale. *Computers and Electronics in Agriculture*, 168, 105143.
20. Marano, G., Langella, G., Basile, A., Cona, F., De Michele, C., Manna, P., ... & Terribile, F. (2019). A geospatial decision support system tool for supporting integrated forest knowledge at the landscape scale. *Forests*, 10(8), 690.
21. OECD. (2016), Better Policies for Sustainable Development 2016: A New Framework for Policy Coherence, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264256996-en>
22. Pongratz, J., Schwingshackl, C., Bultan, S., Obermeier, W., Havermann, F., & Guo, S. (2021). Land use effects on climate: current state, recent progress, and emerging topics. *Current Climate Change Reports*, 1-22.
23. Putrama, I. M., & Martinek, P. (2024). Heterogeneous data integration: Challenges and opportunities. *Data in Brief*, 56, 110853. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110853>
24. Reidsma, P., Tekelenburg, T., van den Berg, M., Alkemade, R. (2006). Impacts of Land-use Change on Biodiversity: an Assessment of Agricultural Biodiversity in the European Union. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114, p. 86–102, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.026>
25. Roe, S., Streck, C., Beach, R. et al. (2021). Land-based measures to mitigate climate change: Potential and feasibility by country. *Global Change Biology*, 27, 6025–6058. <https://doi.org/10.1111/gcb.15873>
26. Tarasova, E., Valentini, R., Di Lallo, G., Cotrina-Sanchez, A. & M. V. Chiriaco. (2024). Enhancing Carbon Sequestration: A Systematic Literature Review of Spatial Decision Support Tools. *Sustainability*, 16:12, p. 5045. <https://doi.org/10.3390/su16125045>
27. Tayyebi, A., Meehan, T. D., Dischler, J., Radloff, G., Ferris, M., & Gratton, C. (2016). SmartScape™: A web-based decision support system for assessing the tradeoffs among multiple ecosystem services under crop-change scenarios. *Computers and Electronics in Agriculture*, 121, 108–121. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.12.003>
28. Terribile, F., Acutis, M., Agrillo, A., Anzalone, E., Azam-Ali, S., Bancheri, M., ... & Basile, A. (2024). The LANDSUPPORT geospatial decision support system (S-DSS) vision: Operational tools to implement sustainability policies in land planning and management. *Land Degradation & Development*, 35(2), 813-834.
29. Terribile, F., Agrillo, A., Bonfante, A., Buscemi, G., Colandrea, M., D'Antonio, A., ... & Basile, A. (2015). A Web-based spatial decision supporting system for land management and soil conservation. *Solid Earth*, 6(3), 903-928.

30. Terribile, F., Bonfante, A., D'antonio, A., De Mascellis, R., De Michele, C., Langella, G., ... & Basile, A. (2017). A geospatial decision support system for supporting quality viticulture at the landscape scale. *Computers and electronics in agriculture*, 140, 88-102.
31. UN. (2015). Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). United Nations. Retrieved from https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
32. van Delden, H., van Vliet, J., Rutledge, D. T., & Kirkby, M. J. (2011). Comparison of scale and scaling issues in integrated land-use models for policy support. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142(1-2), 18-28. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.005>
33. Veipane, U. D.; Pilvere, I.; Lillemets, J.; Valujeva, K.; Nipers, A. (2025). Land Use and Production Practices Shape Unequal Labour Demand in Agriculture and Forestry. *Land*, 14(10), 2097, 2025091941. <https://doi.org/10.3390/land14102097>
34. Wenkel, K. O., Berg, M., Mirschel, W., Wieland, R., Nendel, C., & Köstner, B. (2013). LandCaRe DSS—An interactive decision support system for climate change impact assessment and the analysis of potential agricultural land use adaptation strategies. *Journal of Environmental Management*, 127, S168-S183.
35. Wu, J., Gan, W., Chao, H., & Yu, P. S. (2024). Geospatial Big Data: survey and challenges. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 17, 17007–17020. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.18428>
36. Xiaoli, L., Chen, Y., & Daoliang, L. (2008). A spatial decision support system for land-use structure optimization. *WSEAS transactions on computers*, 8(3), 439-448.